جمهورية مصر العربية
وزارة التربية والتعليم
قطاع الكتب

خامات معدنية

للصف الثانى

لطلبة المدارس الثانوية الصناعية نظام السنوات الثلاث
تخصص
الحديد المشغول والإنشاءات المعدنية

تأليف

موجه	موجه
محمد اسماعيل محمد	حسن محمود شمس

مراجعة

أ ٠ د السيد محمد ابراهيم
بكلية الفنون التطبيقية

الباب الأول

<u>الشبكات البلورية :ـ</u>

١-١ الشبكة البللورية مركزية الوجه .

٢-١ الشبكة البللورية السداسية مزدحمة التكد يس .

٣-١ الترابط بين البللورات فى الشبكة البللورية .

٤-١ نظرية التآصل للحديد (ألفا – بيتا – جاما)

الشبكـات البـللوريــة

مدخل إلى الشبكات البللورية :-

إن أساس تكوين الشبكات البللورية هو الذرة التي تتكون منها المادة وهي مدخل دراستنا لهذا الباب لذا فلابد من التعرف علي مكونات الذرة وصفاتها وحركتها بإيجاز .

مكـــونــات الـــذرة .

تتكون الذرة من نواة وحولها سحبا من الالكترونات ذات شحنة سالبة وهذه السحب هي عبارة عن مدارات متدرجة حول النواة وبروتونات موجبة الشحنة وهي تعادل الشحنات السالبة للالكترونات في مجموعها .

صــفـــات الــــذرة.

هي في حد ذاتها متعادلة الشحنة الكهربية كي تصل إلي حالة أقل طاقة حرة ممكنة .

حركة الالكترونات:

تدور الالكترونات فى حركة إما :-

١- حركة دورا نية حول النواة في مدارات دائرية أوبيضية بعيدة عنها

أو:-

٢- حركة كل إلكترون حول محوره .

وينتج عن حركة الإلكترون مجال مغناطيسي وهذا يحدد الخواص المغناطيسية للفلزات .

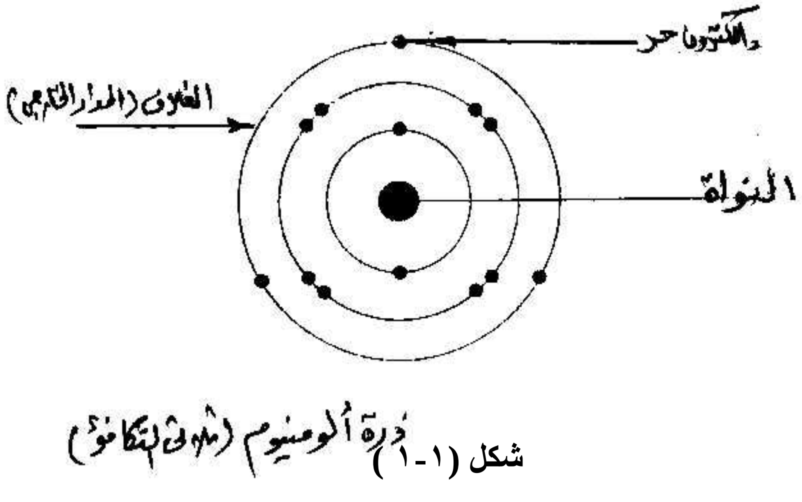
حركة النواة :

تخضع الذرة في حركتها لاهتزازات حول مركز الثقل المشترك بين النواة والإلكترون .

الكتـرونـــات التكـافـؤ :

وهي الكترونات تحتل المدار الخارجي (الغلاف) للذرة وهي التي يسهل تبادلها (انتقالها) في التفاعلات الكيميائية

أو باستخدام طاقة خارجية معينة .   انظر الشكل رقم (١-١):



شكل (١-١) ذرة ألومنيوم (ثلاثي التكافؤ)

التـــــــــــأيــــن

هو ميل ذرة العنصر إلي قبول أو طرد إلكترون (حرة) من الغلاف الخارجي للذرة وهو نوعين :

١- أيون سالب:

يسمي بالأيون السالب عند قبول الذرة لإلكترون.... فتكون شحنة الذرة سالبة .

٢- أيون موجب:

يسمي بالأيون الموجب عند طرد الذرة لإلكترون فتكون شحنة الذرة موجبة .

الأجسام البللورية وغير البللورية (الأمورفية) :ـ

تتكون جميع الأجسام من ذرات (كما سبق) وتنقسم بنية الأجسام (العناصر) من تركيبها إلي :ـ

أولا : تركيب أمورفى (غير بللورى) :ـ

ويقصد بالتركيب الأمور في (غير البللوري) هو أن ترتيب ذرات العنصر لا تخضع لأي نظام هندسي معين

(ترتيب عشوائي) كما هو الحال في السوائل أو في الفلزات المنصهرة ومن أمثلة ذلك الزجاج والشمع والقار

وبنية المواد الأمور فيه (اللافلزية) لا تتخذ أي شكل معين أي أن خواصها في جميع الاتجاهات واحدة .

ثانيا : تركيب بللورى:ـ،

ويقصد بالتركيب البللوري هو أن تترتب ذرات العنصر بالنسبة لبعضها البعض ترتيبا هندسيا خاصا (في شكل شبكات هندسية فراغية) مُكَوِنة ما يسمي وحدة الخلية والتي تكرر نفسها بانتظام مكونة في النهاية بللورة العنصر .

وهذا الترتيب الهندسي للذرات في العناصر البللورية يخلق بناءاً منتظما ومزدحما بالذرات يصعب انهياره بتأثير القوى الخارجية وهي الصفة التي تتصف بها الفلزات بمقاومتها للاجهادات بخلاف اللافلزات ، والفلزات بصفة عامة تتبع الصورة البللورية في تركيبها .

ومن الصفات المميزة للفلزات (المعادن) بريقها المميز وعدم شفافيتها وتوصيلها للكهرباء و الحرارة وخاصة إذا كانت في حالتها الصلبة .

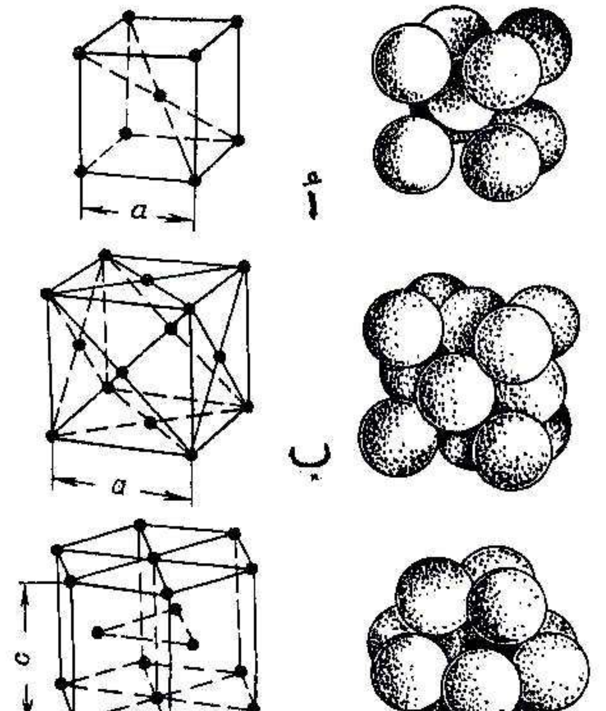
وتزداد مقاومتها الكهربية كلما ارتفعت درجة حرارتها بينما تهبط بدرجة كبيرة عندما تصل درجة حرارة هذه المعادن إلي الصفر.

وهذه الصفات المميزة للمعادن تحددها خواص العناصر الداخلة بها وبأشكال تجمع الذرات بها في البناء الذرى للمعادن .

وتكون جميع المعادن والسبائك المعدنية في الحالة الصلبة مهما كانت طريقة استخلاصها أو تشغيلها ذات بناء بللوري بارز المعالم .

وبما أن ذرات الأجسام البللورية عامة (وذرات المعادن علي وجه الخصوص) توجد في مستويات وأوضاع فراغية في نظام دقيق محكم منتظم لذا فهي تكون فيما بينها مايعرف بالشبكات البللورية الفراغية الهندسية .

<u>انظر الشكل رقم (١ - ٢):</u>



وضع الذرات بالوحدات الاولية للشبكة البلورية:
مكعبية المركزية الداخلية، ب ــ المكعبية متمركزة الوجه، جـ ــ المسدسية المزدحمة

شكل (١-٢)

الشبكات البلورية للمعادن :ـ

وضعت أساسيات ونظريات علم البللورات وبنائها في القرن التاسع عشر وقد أثبتت الدراسات المتتالية والتي أجريت في مطلع القرن العشرين والتي استخدمت فيها الأشعة السينية أن فرضية وجود الشبكات البللورية صحيح تمام الصحة .

وتترتب ذرات أغلب الفلزات في خطوط متعامدة وعلي مسافات متساوية في أركان شبكة مكعبية أومنشورية بينما تشغل باقي الذرات أماكن داخل الشبكة البللورية للفلز (المعدن) .

وهذا الترتيب يأخذ أحد الصور الآتية :ـ

* شبكة بللورية مركزية الحجم (الجسد) (مكعبيـــه) .
* شبكة بللورية مركزية الوجه (مكعبيـــه) .
* شبكة بللورية سداسية مزدحمة التكديس (منشوريه) .

الشبكة البللورية مركزية الحجم (الجسد) :ـ

وهي عبارة عن مكعب مركزي من تسع ذرات موزعة كالتالي :ـ

ثمانية تقع في أركان المكعب والتاسعة في مركزه (داخل المكعب) .

انظر شكل (١ - ٢) ، شكل (١ - ٣) :

وكثير من المعادن ذات شبكة مكعبيه متمركزة الحجم ومن أمثلة هذه المعادن :ـ

* الليثيوم ، الصوديوم ، البوتاسيوم ، الفانديوم ، الكروم ، الحديد ألفا (a) ، المولبدنيوم ، الروبيديوم ، النيوبيوم ، التنجستن ، .... وغيرها .

وتختلف متغيرات الشبكة (ضلع المكعب) لكل معدن وفيما يلي أطوال ضلع المكعب بالأنجستروم (A)

(الأنجستروم = ١٠ $^{-8}$) . *انظر الشكل رقم (١ - ٢)*

* الليثيـــــــــوم : ٣.٥
* البريليـــــــوم : ٣.٠٤
* التنجســـــــتن : ٣.١٥
* الحديد (a) ألفا : ٢.٨٧
* المولبدنيـــــوم : ٣.١٤
* الكـــــــــروم

١ـ ١ الشبكة البللورية مركزية الوجه:ـ

وتتكون الوحدة الأولية لها من ١٤ ذرة (شكل١-٣) موزعة كالتالي:ـ

ثمانية في أركان المكعب وستة ذرات كل منها في مركز وجه من أوجه المكعب الستة .

والمعادن التالية ذات شبكة بللورية مركزية الوجه :

*** الالومنيوم**

*** الكالسيوم**

*** الحديد**

*** النيكل**

*** النحاس**

*** الكوبالت**

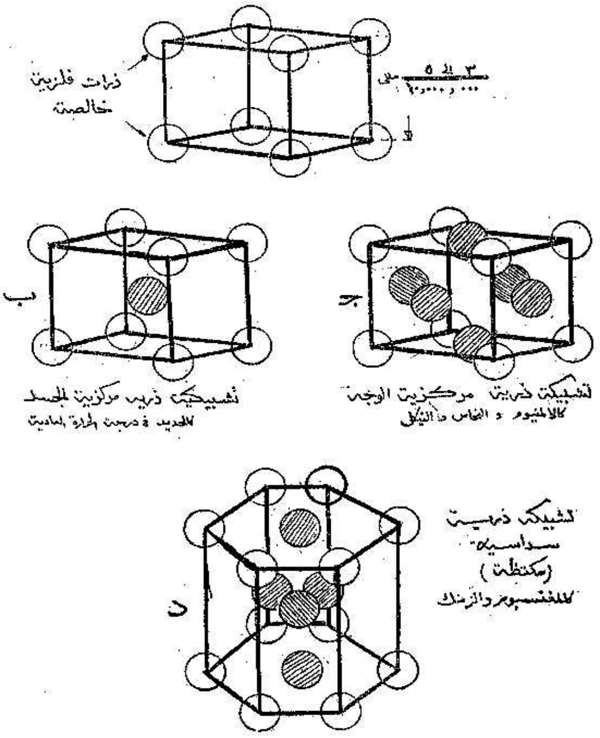
*** البالاديوم**

*** الفضة**

*** البلاتين**

*** الذهب**

*** الرصاص**



(شكل ١ – ٣)

<u>وفيما يلى طول ضلع المكعب بالأنجستروم (A) لبعضها</u> :ـ

*** الألـــومـــنيـــــوم : ٤.٦٣**

*** الحديــد جامـــا (y) : ٤.٦٣**

*** الــــــذهـــــــب : ٤.٠٨**

*** الـــنحـــــــاس : ٣.٦**

*** الـــرصـــــاص : ٤.٩٤**

١ـ٢ الشبكة البللورية السداسية مزدحمة التكديس :ـ

ووحدتها الأولية ليست مجرد منشور سداسي تقع الذرات في أركانه الاثني عشر ، بل هي عبارة عن ما يسمي بالوحدة المسدسية المزدحمة التكديس (المكتظة) *انظر شكل (١ - ٣)* وبها بالإضافة إلي الذرات الموجودة في الأركان وفي مركزي القاعدتين المسد ستين ذرتين توجد ثلاث ذرات أخري بداخل الوحدة .

<u>والمعادن التالية ذات شبكة بللورية سداسية مزدحمة التكديس :ـ</u>

*** الزنك**

*** المغنسيوم**

*** الكادميوم**

ومن أهم الخواص بخلاف المتغيرات في الشبكة البللورية :ـ

١ـ عدد الترابط :

هوعدد أقرب الذرات المحيطة بكل ذرة من ذرات الشبكة البللورية فكلما زاد عدد الترابط كلما كانت الشبكة أكثر تكدسا (اكتظاظا) بالذرات :ـ

مثـــــــــــال لـــــــذلــك :

أـ في حالة الشبكة البللورية مركزية الوجه :ـ

إذا اعتبرنـا أن إحدى ذرات الأوجـه هي الأسـاس (A) فـان عدد الذرات المحيطـة بهـا فـي الوحدة الأولية والقريبة منها (١٢) ذرة .

أي أن عدد الترابط لهذه الوحدة = ١٢ ودرجة امتلاء هذه الوحدة بالذرات (معامل التكديس) = ٠.٧٤

وهذا معناه أن درجة امتلاء الفراغ من هذه الوحدة بالذرات = ٧٤% أي أن٢٦% هي الباقية من الفراغ لهذه الشبكة هي للمسام .

ب ـ في حالة الشبكة البللورية مزدحمة التكديس :ـ

فان عدد ذرات الترابط بالوحدة الأولية لهذه الشبكة = ١٢ وأيضا معامل التكديس = ٠.٧٤

ج ـ في حالة الشبكة البللورية مركزية الحجم :ـ

إذا اعتبرنا أن ذرة الأساس (A) هي الموجودة في مركز المكعب فأن عدد الذرات المحيطة بها في الوحدة الأولية لهذه الشبكة = ٨ ذرات (جارة قريبة) .

فيكون عدد الترابط = ٨ ومعامل التكديس = ٠.٦٨

انـــظـــــــــر الشـــكـــــــــل رقـــم (١- ٤) .

٢ـ نصيب الوحدة الأولية للشبكة من الذرات:ـ

هو إجمالي مساهمة الذرات المكونة للشبكة داخل الوحدة الأولية لها علي النحو التالي :ـ

أـ الوحدة الأولية للشبكة البللورية مركزية الوجه :ـ

وهي تشتمل علي ٤ ذرات كاملة موزعة كالتالي :ـ

١ـ عدد ذرة واحدة تأتي من مساهمة ذرات الأركان الـ ٨ الموجودة في أركان المكعب (حيث أن كل منها تشترك في ثمانية مكعبات في وقت واحد) بمقدار الـ ١/٨ذرة .

٢ـ عدد ٣ ذرات من مساهمة كل ذرة من الـ ٦ ذرات في مراكز الأوجه الستة للمكعب (حيث أن كل منها تشترك في مكعبين متلاصقين في وقت واحد)الـ ٢ /١ذرة .

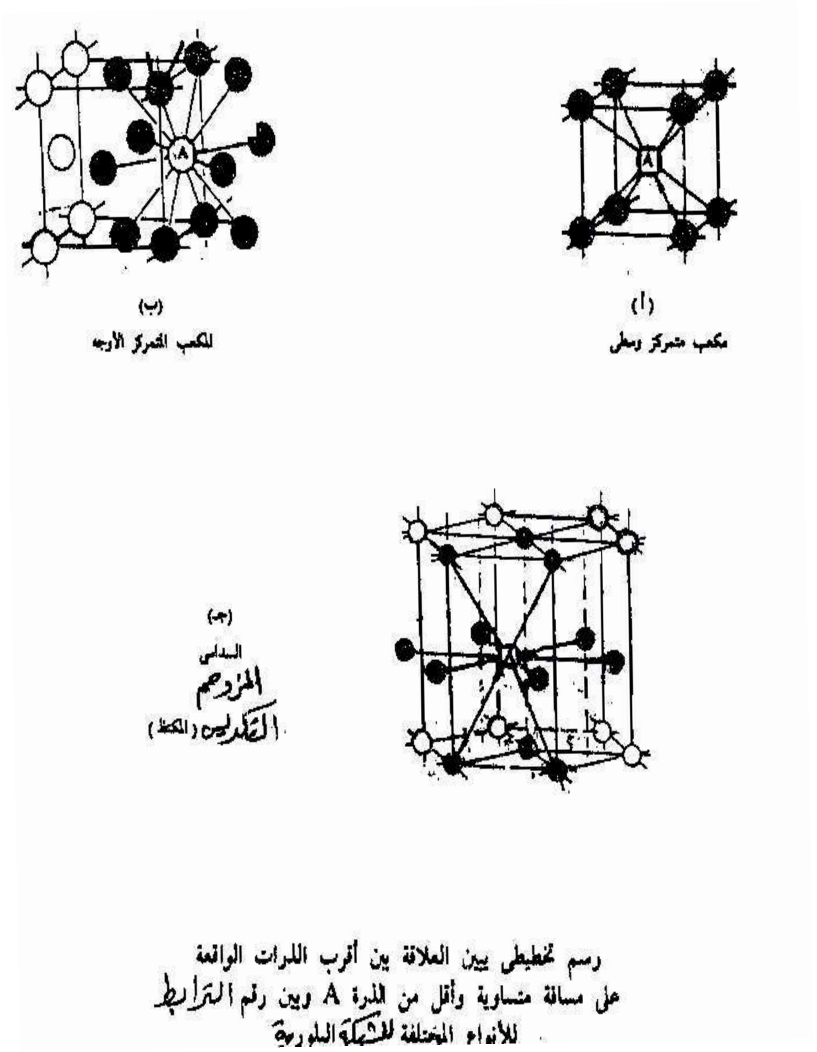
أي أن :

* مساهمة ذرات الأركان الثمانية =٨× ١/٨ ذرة

* مساهمة ذرات الأوجه الستة =٦ × ١/٢ =٣ذرة

*فيكون العدد الإجمالي لمساهمة ذرات المكعب=١+٣=٤ذرة

أنظر شكل (١-٤) :



شكل (١-٤)

ب - الوحدة الأولية للشبكة البللورية مزدحمة التكدس (السداسية) :-

*** تشتمل علي ٦ذرات كاملة موزعة كالتالي :**

١- عدد ٢ ذرة تأتي من مساهمة ذرات الأركان الـ ١٢ (كل منها يشترك في ستة مناشير في وقت واحد) بمقدار الـ ٦ / ١ ذرة .

٢- عدد ١ ذرة تأتي من مساهمة ذرتي مركزي القاعدتين (حيث كل منها تشترك في منشورين في وقت واحد)بمقدار الـ ١/٢ .

٣- عدد ٣ ذرات تأتي من مساهمة الـ ٣ ذرات الموجودة في وسط المنشور (حيث كل منها لا يشترك في أي منشور) أي بمقدار الذرة الواحدة ....

أي أن :

*** مساهمة ذرات الأركان الـ ١٢ = ١٢ × ٦ / ١ =٢ذرة**

**** مساهمة ذرتا مركزي القاعدتين = ٢ × ١/٢ =١ ذرة***

**** مساهمة ذرات الوسط الــ ٣ = ٣× ١ = ٣ ذرة***

فيكون العدد الإجمالي لمساهمة ذرات المنشور السداسي = ٢ + ١ + ٣ = ٦ ذرات

أنظر شكل(١-٤)

ج - الوحدة الأولية للشبكة البللورية مركزية الحجم :-

*** تشتمل علي ذرتين كاملتين توزع كالتالى :**

١- عدد ذرة واحدة تأتي من مساهمة الذرة الموجودة في مركز المكعب (ولا تشترك في أي مكعبات) أي بمقدار الذرة الواحدة .

٢- عدد ذرة واحدة تأتي من مساهمة الذرات الـ ٨ الموجودة في أركان المكعب (حيث كل منها تشترك في ٨ مكعبات في وقت واحد) أي بمقدار٨-١

أي أن :

مساهمة ذرة مركز المكعب الواحدة = ١ × ١ = ١ ذرة واحدة .

مساهمة ذرات الأركان الـ ٨ = ٨ × ١/٨ = ١ذرة واحدة .

فيكون العدد الإجمالي لمساهمة ذرات المكعب =١ + ١ = ٢

(١-٣) الترابط بين البللورات فى الشبكة البللورية :-

*** لكي تتضح الصورة التي بها الارتباط بين البللورات لابد من فهم معني الارتباط الذري وبالتالي الترابط بين الذرات في الشبكة البللورية .**

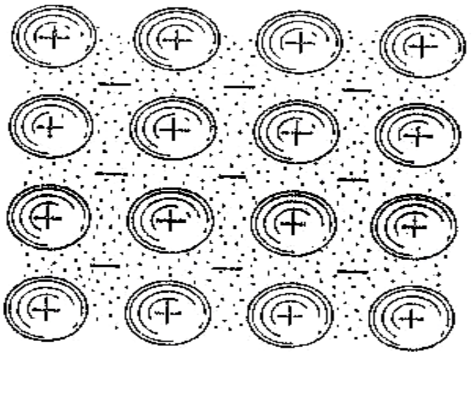
الارتبـــــاط الـــــذري :-

* ترتبط الذرات المكونة للمادة بعضها البعض بطاقة ناتجة عن الفرق بين الطاقة الكلية للذرات في الحالة المنفردة عن الطاقة الكلية لها في حالة التجمع .
* حيث أن الطاقة الحرة للذرة المنفردة يفوق كثيرا طاقتها الحرة عند تجمعها مع الذرات الأخرى .
* فالذرات في أوضاعها البللورية أو اللابللورية تسيطر عليها طاقة تربطها بعضها ببعض بحيث تحفظها في أوضاع الاتزان النهائية لها (القوى الرابطة) .
* علي مقدار ونوع هذه الطاقة أو القوى الرابطة تتوقف خواص عديدة للعنصر ودليل وجود هذه القوى الرابطة هي مقاومة العنصر للأحمال (الاجهادات) .
* وتتوقف طبيعة القوى الرابطة علي التركيب الالكتروني للذرات وللتغلب علي هذه القوى الرابطة تستخدم طاقة خارجية ميكانيكية أو حرارية لصهر العنصر أو تبخيره .

التـــرابط المعدنـــــي :-

* هو ترابط ذو طابع خاص بين الذرات في الشبكة البللورية حيث أن الذرات الموجودة في أركان هذه الشبكة تتنازل بسهولة عن الكترونات تكافؤها والتي تحتل الغلاف الخارجي فتتحول إلي أيونات موجبة الشحنة .
* وهكذا تتكون في أركان الشبكة البللورية أيونات موجبة بدلا من الذرات المحايدة ويمتلئ الفراغ الموجود بين الأيونات الموجبة بما يسمي الالكترونات الحرة (السالبة الشحنة) او الغـــازالالكترونـــــي أو السحب الالكترونية والتي تصبح مشتركة بين كل ذرات العنصر فيتم الارتباط بين أيونات العنصر الموجبة عن طريق الالكترونات السالبة .

انظـــــر الشكـــل (١-٥)



شكل (١-٥)

* ويمكن تصور المعدن في الحالة الجامدة في صورة بنيان تشابكي من الأيونات الموجبة الشحنة مغموسةفي الغاز الالكتروني .

* إذ يحدث الترابط المعدني عن طريق قوي التجاذب الكهروستاتيكية التي تنشأ بين الأيونات الموجبة الشحنة.

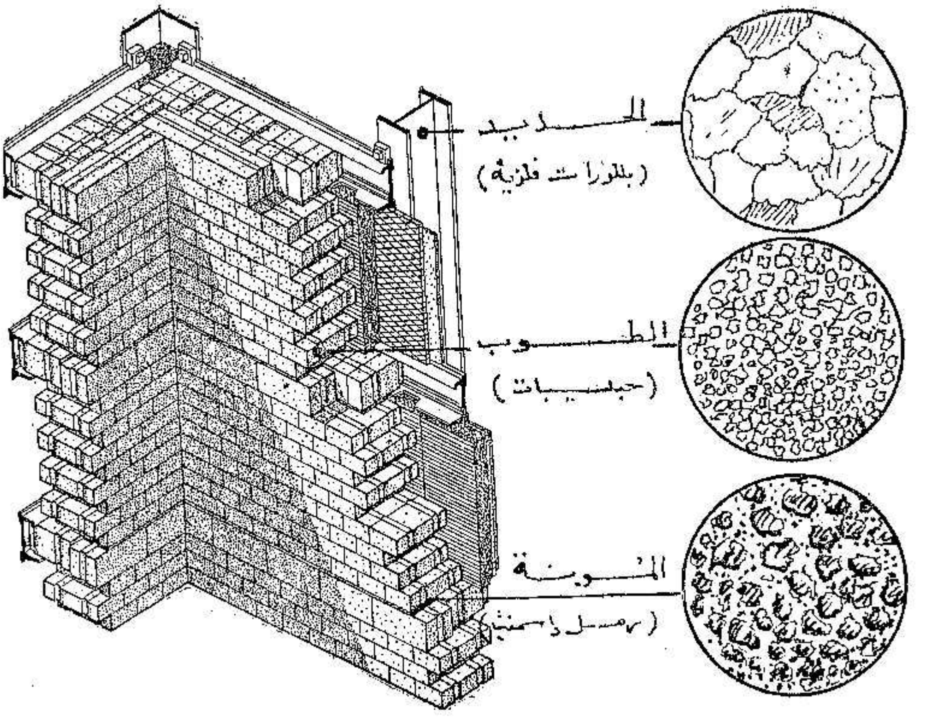
والالكترونات الحرة (السالبة الشحنة) التي تشد الأيونات الموجبة إلي بعضها البعض في وقت واحد في ترابط بين الذرات يطلق عليه الترابط المعدني .

* وتتميز العناصر (المعادن) التي ترتبط بهذه الوسيلة بأنها جيدة في توصيلها الحراري والكهربي إذا إن وسيلة الانتقال هنا هي الالكترونات الحرة .

كيفية حدوث الترابط بين البللورات في الشبكة البللورية

* لا تتكون معظم الفلزات من بللورة واحدة بل عديد من البللورات والبليرات الدقيقة أو ما يسمي بالحبيبات وكل حبيبة منها تختلف في اتجاه تواجدها وحجمها وشكلها وبُعدها عن جارتها وبالتالي لابد أن يفصلها عن بعضها البعض (حدود الحبيبات) وهي تشبه في ذلك كثيرا شكل الملاط أو المونة الذي يفصل قوالب الطوب أو الأحجار في بناء الجدران .

انـــظــــــــر شـــكـــــــل(١ـ ٦)

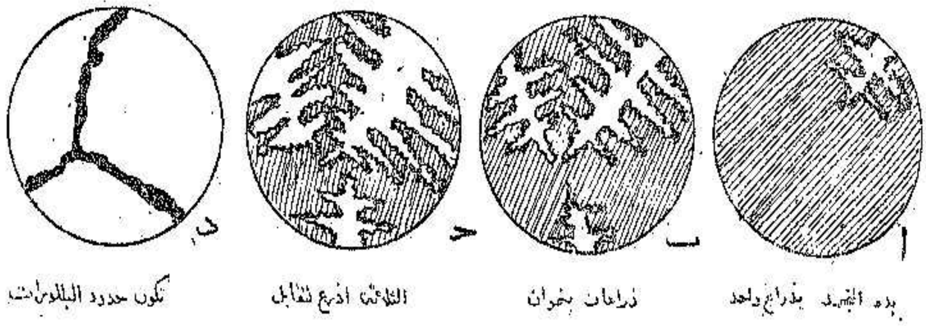


حائط من المبانى الحديثة مكون من مفردات كثيرة كالحديد والطوب والأسمنت وغير ذلك. وكل من هذه المفردات مكونة فى حد ذاتها من دقائق صغيرة تكون بنية كل . فالحديد يتكون من بلورات فلزية (البيرليت* والفريت* والسمنتيت* .... الخ) والطوب يتكون من حبيبات مترابطة بمواد صلصالية ، والمونة تتكون من حبيبات رملية متماسكة بالأسمنت أو الجير

شكل(١ـ٦)

* وهذه الحدود هي التي ينتهي عندها الانتظام الشبكي للذرات بمعني أن حدود الحبيبات تحتوي علي ذرات من الفلز ولكن ترتيبها لا يخضع لأي تنظيم بللوري أي (لا بللوري) .
* وتتكون عندما يبدأ الفلز المنصهر في التجمد عند درجة حرارة التبلور فتنشأ في مختلف أنحائه وفي وقت واحد عدد كبير من (مراكز أو نويات) تتجمع حولها الذرات مكونة البللورات التي تنمو علي أقصاها في اتجاه التيار الحراري .
* وعند التبريد السريع تنمو وتزداد مراكز التبلور وتمتد في شكل أذرع في كل الاتجاهات مثل أفرع الأشجار حتى تتقابل ويقف نموها وامتدادها وعندئذ تتراكم الذرات بين الأذرع .

<u>***انظـــــــــــر شكــــــــــل (١-٧)***</u>



تجمد الفلزات : يبدأ السائل بالتجمد بأن تتجمد فيه نويات دقيقة ، لا تلبث أن تمتد فى أذرع كما فى (أ و ب) ثم تبدأ هذه الأذرع فى التقابل كما فى (حـ) . فاذا انتهى التجمد ، بقيت كل بلورة مستقلة محددة بحدود واضحة ، كما فى (د) .

شكل(١-٧)

* وتحاول هذه الذرات أن تضع نفسها في أماكن لتوفق بين الشبكات الذرية للبللورات المجاورة لها حتى تتعادل قوي التجاذب بين البللورات فتستقر بينها في هذا الوضع الغير منظم في شكل حدود تربط بين البللورات .
* ولكون مناطق حدود الحبيبات مرتفعة في طاقتها الحرة فإنها تكون دائما اضعف المناطق فى مقاومتها لفعل عوامل التعرية وفعل الأحماض ولهذا السبب أيضا يبدأ انصهار الفلز عند هذه الحدود بدلا من وسط البللورات
* ويسهل أيضا انتشار ذرات العناصر الأخرى في الفلز عند هذه الحدود والتي تعتبر مسئولة عن نسبة كبيرة من المقاومة التي يبديها الفلز للتوصيل الكهربي وأيضا عن تحديد صفات مقاومة الفلز للاجهادات .

١-٤ نظرية التأصل للحديد (ألفا – بيتا – جاما)

نـظـــــريـــــة الـتــــــأصـــــل

*** هي ظاهرة تسمي (بالأللوتروبية) أو (التأصل) أو (تعدد الأشكال) .**

*** وهذه الظاهرة تعتمد على نظرية هي :-**

تتكون لدي بعض العناصر المعدنية كالحديد والمنجنيز والقصدير والكوبالت حسب درجات حرارتهاشبكات بلورية مختلفة البنيان وبالتالي تختلف خواص هذه البلورات والتي تشكل حالات متعددة لهذه المعادن .

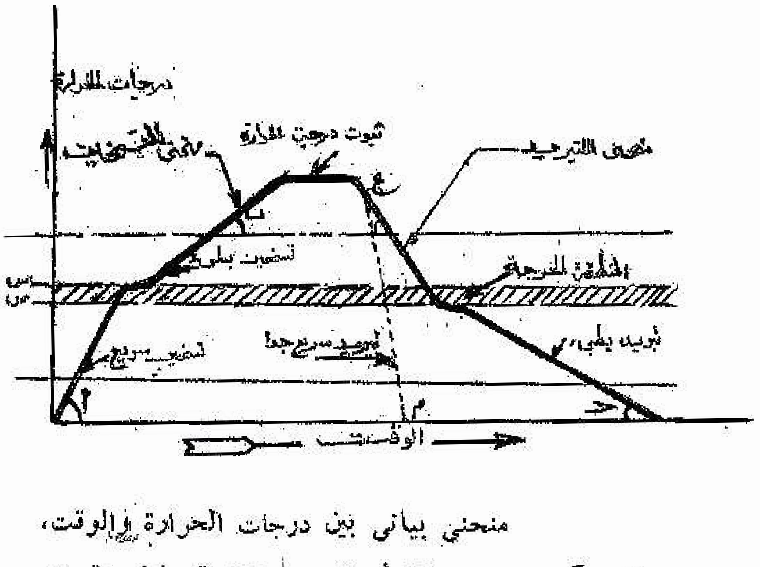
*** وترمز لهذه الحالات الأللوتروبية أو التأصلية بالأحرف اليونانية :-**

ألفا (a) – بيتا (B) – جاما (y) – دلتا (&) .... الخ .

***ويصحب تحول المعدن من احدي صور التأصل هذه إلي حالة أخري امتصاص طاقة حرارية عند التسخين (غير الطاقة المستنفدة في رفع درجة الحرارة)**

***وهي طاقة حرارية كامنة في المعدن عند تغيير التشكيل الذري وترتد هذه الطاقة عند التبريد ولهذا يجري التحول عند درجة حرارة ثابتة ويمثل هذا التحول التأصلي علي منحني التحول الحراري (في إحداثيات درجات الحرارة – الزمن) بجزء أفقي (فترة التوقف) ، انظر شكل (١- ٨) منحني بياني يوضح ذلكفي حالة تغيرات الحديد .**

*** وهذا التحول عبارة عن تبلور ثان للمعدن وهو مشابه لعملية التبلور الأول للمعدن من السائل فلبدء التحول التأصلي يجب أن يكون هناك تجاوز للتبريد بالنسبة لدرجة الانصهار والتجمد التوازنين ثم ينشأ عند تجاوزالتبريد تَكون عدد من مراكز التبلور التي تأخذ في النموحتى تصبح حبيبات جديدة .**

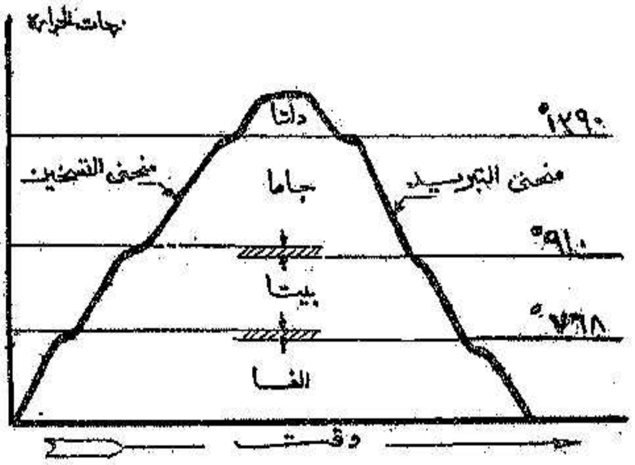


منحني بياني بين درجات الحرارة والوقت، يبين اكتساب حرارة أو تسربها عند تسخين وتبريد الفلزات ويلاحظ

شكل(١-٨)

* عند بدء التسخين يتعين معدل ارتفاع درجة الحرارة بظل الزاوية (أ) عندما تصل درجة الحرارة إلي الدرجة الحرجة تثبت درجة الحرارة ، فإذا استمر التسخين واجتاز المنطقة الحرجة (س- س) ارتفعت درجة الحرارة وظل الزاوية (ب) يبين معدل ارتفاع درجة الحرارة هذه ، فإذا أبطل التسخين تستمر درجة الحرارة ثابتة حسب حالة الفرن ثم يبدأ تسرب الحرارة ، وظل الزاوية(د) يبين معدل تسرب الحرارة وعندما تصل درجة الحرارة للدرجة الحرجة تثبت درجة الحرارة وبعد ذلك يستمر التبريد وظل الزاوية(ج)يبين معدل تسرب الحرارة ، المنحني المتقطع ع م يبين حالة التبريد السريع .

*وشكل رقم (١-٩) يبين لمنحني تسخين وتبريد الحديد الذي يوضح التحولات التأصلية (الأللوتروبية) في الحديد .



منحنى بياني لتسخين وتبريد الحديد
يظهر تغيرات بنيات الحديد في المناطق الحرجة من
(الفا) الى (بيتا) الى (جاما) الى (دلتا) وبالعكس

شكل (١-٩)

* والشكل رقم (١-١٠) يبين لمنحني تبريد الحديد الذي يوضح التحولات التأصلية في الحديد وأشكال الشبكة البلورية لكل حالة تأصلية .

* فتوقف درجة الحرارة أثناء التبريد عند درجة حرارة (١٥٣٥ م) ناتج عن التبلور الأول للحديد .

* والصور التالية توضح للأشكال التأصلية في بنية الحديد حسب درجات الحرارة :

<u>١- الحديد ألفا (a) :-</u>

* تنشأ بنية الحديد ألفا تحت درجة حرارة (٧٧٠م) ويكون ذا شبكة بلورية مكعبيه متمركزة الحجم طول ضلع مكعبها ٢.٨٨ انجستروم (A) وهي بنية لها خواص مغناطيسية وهذا الحديد لا يذيب الكربون

٢- الحـــديـــد بيتـــــا (B) :-

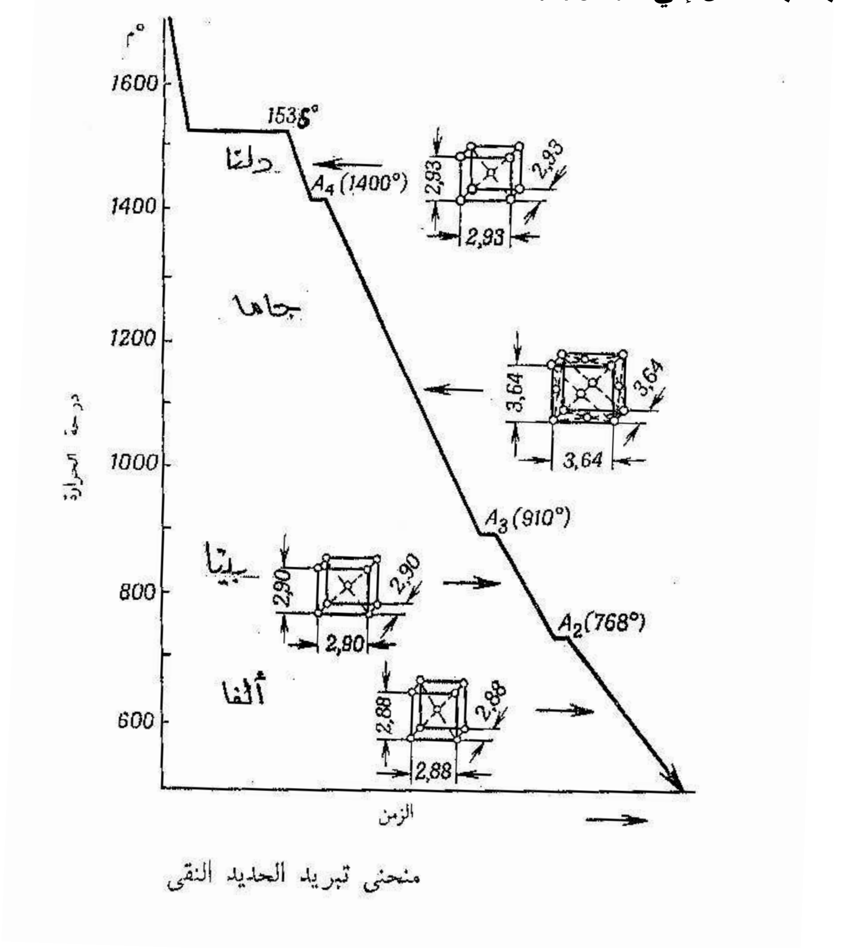
* تنشأ بنية الحديد بيتا في المدى من (٧٧٠م – ٩٠٠) ويكون ذا شبكة بلورية مكعبيه متمركزة الحجم وطول ضلع مكعبها ٢.٩٠ أنجستروم (A) وهي بنية ضعيفة الخواص المغناطيسية ولايذيب الكربون (وهو صورة أخرى لحديد ألفا ولكن غير مغناطيسي) .

٣- الحـــديـــد جـــامـــا (y) :-

* تنشأ بنية الحديد جاما في المدى من (٩٠٠ – ١٣٩٠) ويكون ذا شبكة بلورية مكعبيه متمركزة الوجه طول ضلع مكعبها ٣.٦٤ أنجستروم (A) وهي بنية غير مغناطيسية وهذا الحديد يذيب الكربون بنسبة ٢% .

٤- الحـــديـــد دلـتـــــا (&) :-

* تنشأ بنية الحديد دلتا في المدى من (١٣٩٠ -١٥٣٥) ويكون ذا شبكة بلورية مكعبيه متمركزة الحجم طول ضلع مكعبها ٢.٩٣ أنجستروم (A) وهذا الحديد يذيب الكربون بنسبة تصل إلي ٠.١% .



شكل (١ – ١٠)

أسئلة على الباب الأول

السؤال الأول:
اكتب في إيجاز ما تعرفه عن الذرة

السؤال الثانى :
ما معني كل من مع إعطاء نبذة مختصرة :ـ

١- الأجسام البلورية .
٢- الأجسام الأمورفية

السؤال الثالث :
تكلـــم باختصـــار عـــن الترتيـــب البلـــوري للفلـــزات والصـــور المختلفـــة مع ذكر أمثلة للمعادن التي تشملها هذه الصور .

السؤال الرابع
ماذا يعني عدد الترابط لكل من :ـ
١- الشبكة البلورية متمركزة الوجه
٢- الشبكة البلورية المزدحمة التكديس

السؤال الخامس :
ما معني نصيب الوحدة الأولية للشبكة البلورية من الذرات .

السؤال السادس :
تكلم بإيجاز عن الترابط المعدني وكيفية حدوثه بين البلورات في الشبكة البلورية .... وضح أجابتك بالرسم.

السؤال السابع :
اشرح نظرية تأصل الحديد (ألفا ، بيتا ، جاما)
مع التوضيح بالرسم .

الباب الثانى

٢- سلوك المواد المعدنية تحت تأثير الحرارة

٢-١ مخطط التحول مع التسخين والنقاط الحرجة

٢-٢ مخطط منحنى التوازن الحراري للحديد والكربون

٢-٣ التحول مع التبريد ومنحنى الحرارة والزمن للحديد والكربون

١ - البنيان الداخلى للصلب

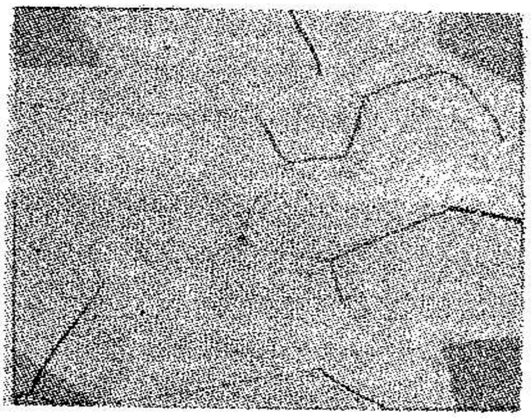
الصلب هو سبيكة الحديد بعد إضافة بعض العناصر الأخرى له ، واهمها الكربون لذا فالصلب هو سبيكة الحديد بعد إضافة بعض العناصر الأخرى ولا يعتبر الصلب مادة متجانسة تماما مثل النحاس النقى ، أوالذهب ٠

إذ اننا إذا قمنا بالكشف على نوع ما من الصلب – ثم تبريده ببطء من درجات الحرارة المرتفعة – لوجدناه يتكون من بعض المكونات المختلفة التى يطلق عليها

(الفريت و السمنتيت و البرليت) ٠
– ويؤثر ذلك على خواصها العامة – فإن كلا من الفريت والسمنتيت والبرليت تتغير أيضا مكوناتها النسبية فى الأنواع المختلفة من الصلب مما ينتج عنه التباين الذى نلمسه فى خواص تلك الأنواع المختلفة ٠ وما هذه المكونات إلا تركيبات مختلفة للحديد مع الكربون

٢- الفريت :

يطلق أسم الفريت على الحديد النقى الذى يظهر على هيئة بلورات ويرجع ذلك الاسم إلى الاسم اللاتينى للحديد وهو (فيروم) وقد تحتوى بلورات الفريت حتى ٠.٠٣٥ % كربون وتتميز بنية الفريت بأنها طرية (لاتزيد صلادتها على ٩٠ برينيلا) وقابلة للتشكيل وذات لدونة ومطيلية كبيرتين ٠ ولو أن هذه اللدونة تكون عقبة بالنسبة لعمليات التشغيل وخاصة بالنسبة لمستوى التشطيب السطحى٠
ويوجد الفريت فى أنواع الصلب التى لا تزيد نسبة الكربون بها على ٠.٨ % كربون ٠



شكل – الفريت
شكل (٢- ١)

٣- السمنتيت :

يكون الكربون والحديد العنصرين الاساسيين والمتحكمين فى الصلب ٠ ومع تبريد الصلب ببطء من درجات الحرارة المرتفعة نجد أن الكربون
لا يتواجد منفصلا بل متحدا كلية مع قدر محدد من الحديد فى مركب يسمى

(كربيد الحديد) ورمزه الكيميائى (ح٣ك) وهذا المركب يسمى أيضا السمنتيت ويشتمل على ٦.٦ % كربون ؛ ٩٣.٤ % حديد وقد أشتق هذا الاصطلاح من الصلب الكربونى العالى الذى كان ينتج قديما بالعملية المعروفة باسم السمنتة ؛ ويتميز السمنتيت بصلادتة المرتفعة التى تبلغ ٦٥٠ برينيلا وكذا بقصافته الشديدة ٠ ويوجد السمنتيت منفصلا فى انواع الصلب التى تزيد نسبة الكربون بها على ٠.٨٥ % ٠

٤- البرليت :

فى أثناء عملية التبريد البطئ من درجات الحرارة المرتفعة يكون السمنتيت خليطا ميكانيكيا مع الفريت ٠ ويتميز هذا الخليط بإحتفاظه الدقيق بنسبة محددة من الكربون بحيث يصبح ناتج التكوين ثابتا ويتراوح بين (٠.٨١ – ٠.٨٥ %) كربون ٠ وهذا التكوين يسمى برليت وترجع هذه التسمية إلى البريق الذى يعكسه هذا التكوين على المجهر والذى يشبه البريق اللؤلؤى ٠ ولذا اشتقت كلمة برليت من كلمة (بيرل) أى اللؤلؤة بالانجليزية ٠

وهو يشتمل عادة على طبقات متتالية من الفريت والسمنتيت ٠

كالتى تظهر بالشكل (٢ – ٢)

شكل (٢ – ٢)

والخطوط الداكنة فى الصورة هى السمنتيت والخطوط البيضاء هى الفريت ٠
ويكون للبرليت فى الصلب تكوين مستقل نظرا لتكوينة بلورات كاملة محددة مهما كانت نسبة وجوده بالصلب ؛ فهو يميل لضبط نسبة الكربون وهى ٠.٨٥ % ٠
وعلى ذلك فان الصلب الذى يحتوى على نسبة ٠.٨٥ % كربون يشتمل كلية على تكوين البرليت ويطلق عليه عند ذاك (الصلب اليوتكتويدى) أو الصلب الاصهرى

٥- الصلب اليوتكتويدى (الاصهرى) :

يطلق على الصلب الذى يشتمل كلية على نسبة

٠.٨٥ % كربون اسم اليوتكتويدى كما تسمى هذه النسبة من الكربون بالنسبة اليوتكتويدية

٦- الصلب تحت اليوتكتويدى (تحت الاصهرى) :

يشمل الصلب المحتوى على اقل من النسبة

اليوتكتويدية للكربون على مقدار محدد من البرليت – يتفاوت بتفاوت احتواء الصلب على الكربون – ويكون الباقى من الفريت وتسمى هذه الانواع من الصلب بالصلب تحت اليوتكتويدى او تحت الاصهرى

ويمكن شرح ذلك بطريقة اخرى : فانواع الصلب الكربونى المنخفض تشتمل على الفريت مع قليل من البرليت ٠ ومع ارتفاع نسبة الكربون فى الصلب فان نسبة البرليت تزداد مع انخفاض نسبة الفريت الحر ٠ ويستمر ذلك حتى نسبة ٠.٨٥ % كربون حيث يصبح الصلب عندئذ برليتيا تماما ٠ وبعد هذه النسبة من الكربون تتناقص نسبة البرليت وتزداد كمية السمنتيت الحر ٠

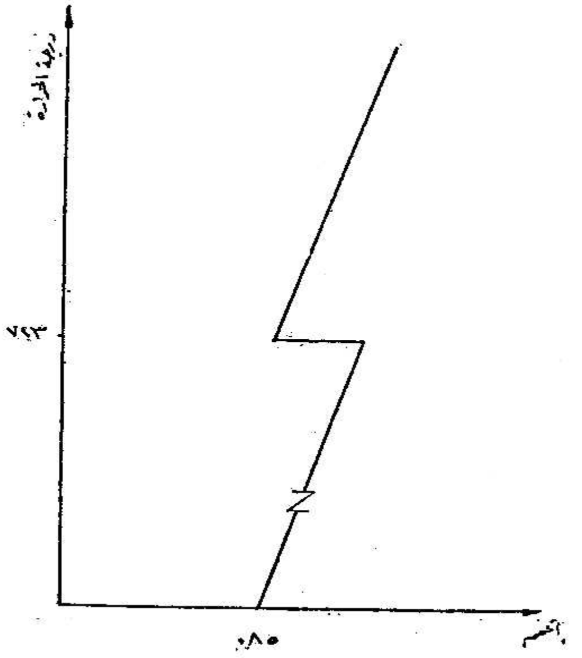
٧- الصلب فوق اليوتكتويدى (فوق الاصهرى)

وبالمثل فاذا زادت نسبة الكربون عن ٠.٨٥ % كربون فلن يكون هناك قدر كاف من الفريت ليكون الطبقات المكررة مع السمنتيت ؛ لذلك فان هذه الانواع تشتمل على البرليت بالاضافة الى السمنتيت الحر ٠

وتسمى هذه الانواع من الصلب (الصلب فوق اليوتكتويدى) أو الصلب فوق الاصهرى ٠

٢- ١ مخطط التحول مع التسخين والنقاط الحرجة :

من الحقائق المعروفة أنه اذا سخنت قطعة من الصلب فانها تبدأ فى التمدد ؛ أو بصيغة أخرى – فإن انتقال الطاقة الحرارية الى قطعة الصلب يحدث نموا فى حجمها واذا قمنا بمتابعة قياس نمو قطعة الصلب (ولنبدأ أولا بعينة من الصالب اليوتكتويدى أى من صلب يحتوى على ٠.٨٥ % كربون) مع تزايد ارتفاع درجة الحرارة ٠ فسوف نلاحظ شكل (٢-١-١) ٠



– التمدد الحرارى لعينة من الصلب اليوتكتويدى (٨٥ر ٪ ك).

(٢-١-١)

أولا تناسبا طرديا بين تمدد القطعة وارتفاع درجة الحرارة ٠ ويستمر هذا الوضع بشكل منتظم حتى القرب من درجة حرارة ٧٠٠ ْم – حيث نفاجأ بعد قليل بظاهرة غير متوقعة : فبالرغم من الاستمرار فى تسخين قطعة الصلب يظهر عليها انكماش لحظى ٠ كما أن درجة حرارة القطعة تثبت ايضا ولا ترتفع لفترة ملحوظة أو بمعنى اخر يحدث هنا انكماش مفاجئ فى الحجم مع ثبوت فى درجة الحرارة بالرغم من استمرار انتقال الطاقة الحرارية ٠

وبعد الوصول الى قدر معين من الانكماش تعود قطعة الصلب وتواصل نموها ـ وبنفس التناسب ـ مع ارتفاع درجة حرارتها ٠ وتستمر هذه الحالة حتى يصل الصلب الى مراحل التلدين أو التعجن ثم الانصهار ٠

ومع التبريد البطئ لقطعة الصلب من حالة التلدين الى درجة حرارة الغرفة ـ نجد ان الخطوات نفسها سوف تتكرر ولكن بنظام عكسى ٠ الا ان هناك اختلافا وحيدا سوف يحدث وهو ان التغير الفجائى فى الحجم يحدث عند درجة حرارة منخفضة بعض الشئ عن تلك التى حدث عندها التغير فى الحجم أثناء التسخين ٠

واذا قمنا بتوقيع منحنيان بين درجة الحرارة والحجم احدهما للتسخين والاخرى للتبريد واخذنا درجة الحرارة المتوسطة بين هاتين الدرجتين اللتين يحدث عندهما التغير المفاجئ فى الحجم فسنجد أنها ٧٢٣ْم ٠

ماذا يعنى الانكماش المفاجئ للعينة بالرغم من مواصلة تسخينها ؟

وماذا يعنى أيضا تمددها المفاجئ عند الدرجة نفسها تقريبا أثناء التبريد ؟

ان عينة الصلب كانت وهى تنكمش اوتتمدد ـ تستوعب قدرا ملحوظا من الطاقة الحرارية ٠

أين كانت تستغل هذه الطاقة ؟

لابد ان هذه الطاقة استغلت فى نوع من التغير الداخلى ٠ أى اعادة الترتيب فى مكونات المعدن الداخلية ـ أى ذراته ٠

نعلم مما سبق ان الترتيب ؛ أو النظام الذى كانت ذرات الحديد تأخذه فى درجة حرارة الغرفة هو نظام المكعب مركزى الجسم فهل طرأ على هذا النظام تغير ؟

نعلم ايضا ان التكوين الذرى للحديد النقى يتغير فعلا من النظام المكعب المركزى الجسم الى نظام المكعب المركزى الوجه ؛ ولكن ذلك يحدث عند درجة ٩٠٦ْم تقريبا ٠

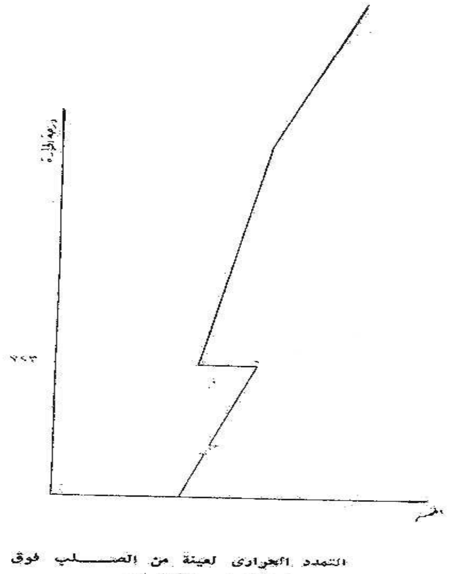
فهل حدث ذلك هنا بالنسبة لعينة الصلب ولكن عند درجة حرارة ٧٢٣ْم ؟

هذا هو ما حدث فعلا ـ فقد اثبت الكشف بالاشعة السينية على مثل هذه العينة ان ذرات الحديد بها كانت تحتفظ بتكوينها الذرى المركزى الجسم حتى الوصول الى

الدرجة ٧٢٣ْم أما بعد أرتفاع درجة حرارتها عن ذلك فإن الكشف يوضح أن جميع ذرات الحديد بها قد تحولت الى النظام المكعب مركزى الوجه ٠ وإن ثبوت الحرارة عند هذه الدرجة أو بمعنى أخر استغلال الطاقة المقدمة كان لاتمام هذا التحول ٠ وباستخدام الحل الرياضى - يمكن اثبات ان مجموعة من الكرات أو الذرات – تكون تشكيلا وحدته الاساسية المكعب المركزى الجسم سوف تشغل فراغا أكبر من الفراغ الذى تشغله نفس عدد الكرات أو الذرات – اذا ما أعيد ترتيبها فى نظام وحدته الاساسية المكعب المركزى الوجه ؛ وهو ما يمكن استنتاجه من معامل التكدس وهذا يفسر ايضا ظاهرة الانكماش التى حدثت لعينة الصلب ٠

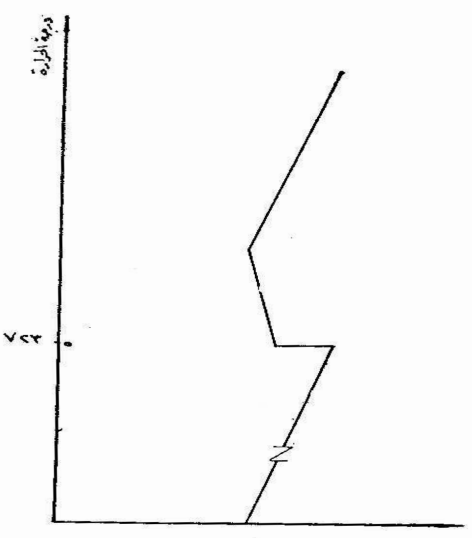
كانت جميع المشاهدات السابقة منصبة على عينة من الصلب اليوتكتويدى ؛ أى الصلب الذى تحتوى جميع بلوراته على ٠.٨٥ من الكربون أو على التكوين المعروف بأسم البرليت ٠

سنجرى بعد ذلك تطبيق التجربة على عينات أخرى من الصلب الكربونى أى على عينات مختلفة من الصلب فوق اليوتكتويدى شكل (٢-١-٢) وأخرى من الصلب تحت اليوتكتويدى



التمدد الحرارى لعينة من الصلب فوق اليوتكتويدى (١ ٪ ك)

(٢-١-٢)



– التمدد الحرارى لعينة من الصـــــلب تحت اليوتكتويدى (٥ر ٪ ك)

شكل (٢-١-٣)

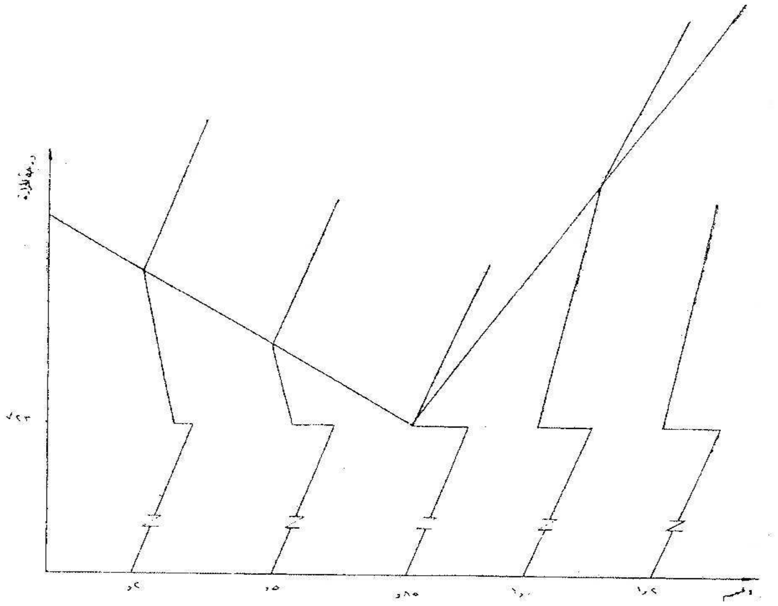
شكل (٢-١-٣)حيث سنقوم بتسخينها تسخينا منتظما ونتابع تطور نمو حجمها وسنسجل ذلك لنتمكن من رسم منحنيات التمدد الحرارى لها ٠

سنجد أن عينة من الصلب فوق اليوتكتويدى (الصلب الذى يحتوى على أكثر من ٠.٨٥ % كربون) تظهر الانكماش المفاجئ نفسه والمتوقع عند درجة حرارة ٧٢٣ْم – والذى أدركنا أنه ناتج عن التحول الداخلى للذرات من النظام المكعب المركزى الجسم الى نظام المكعب المركزى الوجه ٠ إلا أنه بعد الانتهاء من مرحلة الانكماش يبداء النمو فى الاستمرار مرة اخرى ولكن بمعدل يقل قليلا عن معدل النمو الاصلى ويستمر ذلك حتى الوصول الى درجة حرارة معينة نلاحظ بعدها رجوع نمو الصلب الى معدله الاصلى حيث يبقى كذلك حتى ابتداء التلدن ثم الانصهار ٠

أما عينة الصلب تحت اليوتكتويدى فيحدث لها أيضا الانكماش المتوقع عند درجة حرارة ٧٢٣ْم ٠ ولكن سنلاحظ ان مقدار الانكماش يقل عن المفروض ٠

بل تقل ايضا نسبة الانكماش كلما انخفضت نسبة الكربون بعينة الصلب المختبرة ٠ كما سنلاحظ ان العينة بعد انتهاء الانكماش عند درجة حرارة ٧٢٣ْم سوف تستمر فى الانكماش مع ارتفاع درجات حرارتها حتى تصل الى درجة حرارة محددة – تعود بعدها العينة الى التمدد الطبيعى وتستمر فى ذلك حتى مراحل التلدن والانصهار ٠

نلاحظ هنا ان مجموع مقدار الانكماش الكلى للعينات تحت اليوتكتويدى يتساوى فى حين ان درجة الحرارة اللازمة للعودة الى التمدد الطبيعى هى التى تختلف بإختلاف نسبة الكربون المحتواة وترتفع مع انخفاض نسبة الكربون فى الصلب ٠



مخطط التمدد الحرارى للصلب الكربونى

شكل (٢-١-٤)

نستخلص من هذه المشاهدات ان جميع أنواع الصلب الكربونى حتى ١.٧ % كربون تتعرض اثناء تسخينها الى الاتى :

١- يحدث لجميع أنواع الصلب الكربونى تحول داخلى عند درجة حرارة مشتركة وهى ٧٢٣ °م وتسمى (الدرجة الحرجة السفلى) ٠

٢- يحدث لانواع الصلب تحت اليوتكتويدى تحول داخلى مبدئى يتم عند درجة حرارة مشتركة هى ٧٢٣ °م ٠ الا ان هذا التحول يستمر مع ارتفاع درجة الحرارة حتى يكتمل عند درجات حرارة متفاوتة وترتفع كلما انخفضت نسبة الكربون فى الصلب ودرجة الحرارة هذه تسمى (درجة الحرارة الحرجة العليا ٠

٣- يحدث لانواع الصلب فوق اليوتكتويدى تحول داخلى كامل عند درجة حرارة مشتركة هى ٧٢٣ °م ٠

- الا اننا نستنتج ان هناك تحولا داخليا اخر يحدث مع استمرار ارتفاع درجة الحرارة يعوق التمدد الطبيعى للعينات ويكتمل هذا التحول عند درجة حرارة ترتفع هنا كلما ارتفعت نسبة الكربون فى الصلب – وتسمى درجة الحرارة الحرج العليا)

٤- يحدث للصلب اليوتكتويدى فقط تحول كامل بمجرد وصوله الى درجة الحرارة ٧٢٣ °م حيث يكتمل تحوله الداخلى قبل ان يستأنف تمدده الطبيعى بعد ذلك أى أن الصلب اليوتكتويدى تتطابق درجتا الحرارة الحرجتان العلوية والسفلية

٢- ٢ مخطط منحنى التوازن الحرارى للحديد والكربون

سنحاول هنا الاستفادة من الدراسات والاستنتاجات الهامة التى حصلنا عليا من التجارب السابقة ٠ ولذا سنحاول اعادة التجربة بنفس النمط السابق ولكن ستكون متابعة الكشف على العينات ليس بقياس ابعادها ولكن بالكشف المجهرى ومتابعة التغيرات التى تحدث على بنيانها الداخلى مع ارتفاع درجات حرارتها ٠ ثم متابعة الكشف عليها ايضا بالاشعة السينية لمراقبة التحولات فى تكويناتها الذرية الداخلية ٠

وبالرغم من استحالة الكشف المجهرى على العينات فى غير درجات حرارة الغرفة بسبب تأكسد وجه العينة المجهرية الا ان بعض المجاهر الحديثة أمكن بها متابعة المظهر المجهرى للعينات المعدة بطريقة خاصة – ورؤية التحولات الداخلية اثناء تسخينها وكذلك اثناء تبريدها ٠ وسوف نقوم بالفحص باستخدام مثل هذا المجهر ، وهو يسمى (مجهر درجات الحرارة المرتفعة) ٠

٢-٢-١ الصلب اليوتكتويدى :

سنختار العينة الاولى من الصلب اليوتكتويدى (٠.٨٥ % كربون) مثلما كانت فى التجربة السابقة ٠ وبعد اعدادها ميتالوجرافيا نقوم بفحصها عند درجة حرارة الغرفة ٠ نعلم انها ستكون عبارة عن مجموعة من البلورات البرليتية أى الممتلئة برقائق الفيريت وكربيد الحديد ٠ كما ان الكشف عليها بالاشعة السينية سوف يوضح ان تشبيكية ذرات الحديد بها تتخذ النظام المكعب المركزى الجسم ٠

ومع التسخين ومتابعة حدوث التغيرات المجهرية نجد ان رقائق كربيد الحديد تحتفظ بشكلها لفترة بسيطة ثم تبداء فى التكسر والتكور مع الارتفاع التدريجى لدرجة الحرارة حتى تصبح فى شكل كريات صغيرة منتشرة داخل كل بلوراتها ، حيث يكتمل ذلك تقربيا من درجة حرارة ٧٠٠ °م ٠

عند درجة حرارة ٧٢٣ °م يحدث التحول الكبير المنتظر – وهذا الذي ظهر اساسا فى التجربة السابقة على هيئة انكماش عام – وستكشف الاشعة السينية ان جميع ذرات

الحديد قد اتخذت لنفسها تشبيكا جديدا – وهو التشبيك المكعب المركزى الوجه وقد انتشرت بداخل فراغاته المتسعه – ذرات الكربون ٠ وتسمى هذه البنية (الاوستنيت) ويستمر الاوستنيت مع الارتفاع درجة الحرارة حتى درجات الانصهار الا اننا نلاحظ ان ذلك يصحبه زيادة فى حركة الكربون كلما ارتفعت درجة الحرارة ؛ وتداخل البلورات المتجاورة كلما استمر ارتفاع درجة الحرارة مكونة تضخما ملحوظا فى الحجم البلورى ٠

صلب يوتكتويدى (٨٥ر ٪ كربون)

شكل (٢-٢-١)

٢-٢-٢ الصلب فوق اليوتكتويدى :

بعد ذلك ناخذ عينتين من الصلب فوق اليوتكتويدى ولنبدأ بعينة من صلب يحتوى على ١ % كربون ثم باخرى تحتوى على ١.٤ % كربون ٠ باعداد العينة الاولى للكشف عليها مجهريا نجد انها تشتمل على بلورات من البرليت يترسب حولها كربيد الحديد (الزائد عن نسبة الكربون المحتواه فى البرليت) وهو المسمى السمنتيت ٠ ومع التسخين يتكسر البرليت ويتكور مثلما حدث فى العينة اليوتكتويدية ٠

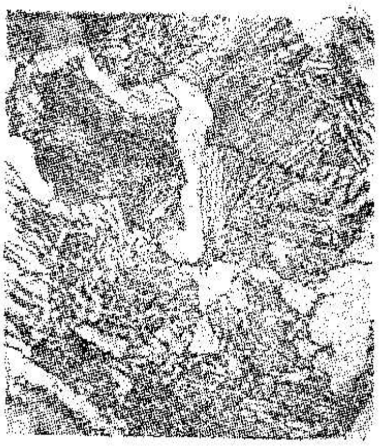
وعند الوصول الى درجة حرارة ٧٢٣ْم تتحول جميع البلورات – من البرليت الى الاوستنيت – كما حدث بالضبط فى العينة السابقة ٠

وهذا يفسر اكتمال التحول ؛ أو تماثله من حيث الانكماش مع عينة الصلب اليوتكتويدى فى التجربة الاولى ٠ اما مع ارتفاع درجة الحرارة بعد ذلك فسنجد ان السمنتيت الزائد والذى كان حتى درجة حرارة ٧٢٣ْم موجود خارج البلورات قد بدأ ينشط بفعل الحرارة محاولا الدخول فى بلورات الاوستنيت ٠ ومع ارتفاع درجة الحرارة تزداد بالفعل قدرة الاوستنيت على استيعاب قدر أكبر من الكربون – ويستمر دخول الكربون الى هذه البلورات حتى يكتمل تذاوبه بالكامل ٠ وبذلك تكون قطعة الصلب قد وصلت عند ذاك الى درجة الحرارة العليا ٠

وهذا يفسر السبب فى عدم تمدد العينات بنفس المعدل الذى تمددت به العينة اليوتكتويدية فى التجربة الاولى أو ان عملية تذاوب كربيد الحديد داخل بلورات الاوستنيت تستهلك جزءا من الطاقة الحرارية ؛ والتى كانت تستوعب بالكامل فى العينات اليوتكتويدية ٠

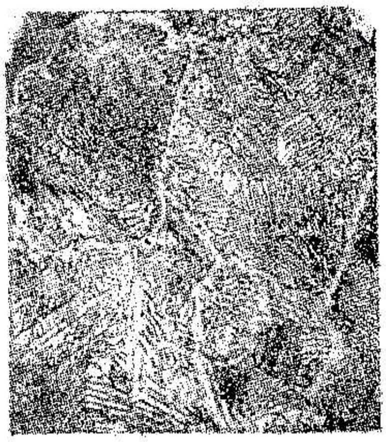
واذا أعدنا نفس التجربة على العينة الثانية والتى تحتوى على ١.٤ % كربون نجد ان مظهرها المجهرى يشكل ايضا بلورات برليتية كاملة – يحوطها السمنتيت الزائد الذى ستزيد نسبته عن العينة السابقة نتيجة لارتفاع نسبة الكربون ٠ وبمتابعة التجربة نجد ان جميع الدراسات السابقة سوف تتكرر تقريبا فيما عدا ان درجة الحرارة الحرجة العليا سوف ترتفع عن مثيلتها فى العينة السابقة ؛ ويرجع ذلك الى الزيادة فى نسبة السمنتيت الزائد الذى سيستلزم بالطبع درجة حرارة اعلى لامكان

دخوله واستيعابه فى بلورات الاوستنيت أو بمعنى اخر : ضرورة الارتفاع بدرجة الحرارة حتى يمكن رفع قدرة الاوستنيت على إذابة قدر أكبر من هذا السمنتيت الزائد ٠شكل (٢-٢-٣)



صلب فوق اليوتكتويدى ١٪ك

شكل (٢-٢-٢)



صلب ١ر٤ ك بعد التكوير

شكل (٢-٢-٣)

٢-٢-٣ الصلب تحت اليوتكتويدى :

لناخذ عينتين من الصلب تحت اليوتكتويدى احداهما تحتوى على ٠.٦ % كربون وأخرى تحتوى على ٠.٣ % كربون ٠ بإعداد العينة الاولى والكشف عليها مجهريا

شكل (٢-٢-٤)　　　　　　　　　　شكل (٢-٢-٥)

نجد انها تشتمل على خليط من البلورات الفريتية والبلورات البرليتية ٠ بالتسخين وبمتابعة الكشف نلاحظ ان بلورات الفريت لا يطرأ عليها أى تغير مع ارتفاع درجة الحرارة فى حين تتحول بلورات البرليت فقط من النظام الطبقى الى التكويرى كلما ارتفعنا بدرجة الحرارة ٠ وعند الوصول الدرجة حرارة ٧٢٣ْم يحدث التغير الكبير والذى يظهر خارجيا فى شكل انكماش جزئى ٠ أما داخليا فاننا نكتشف ان التحول قد حدث ايضا ولكن فى بلورات البرليت فقط ؛ حيث تحولت مع ثبوت درجة الحرارة الى بلورات اوستنيت (لما نعلمه ان الفريت لا يتغير من النظام المركزى الجسم الى النظام المركزى الوجه إلا عند درجة حرارة ٩٠٦ْم) فى حين تبقى بلورات الفريت كما كانت ؛ وهنا يصبح التكوين الذرى للحديد خليطا بين المكعب المركزى الجسم (الفريت) والمكعب المركزى الوجه (الاوستنيت) وذلك يفسر سبب الانكماش الجزئى الذى يحدث للصلب اليوتكتويدى والصلب فوق اليوتكتويدى – بعد ذلك ومع ارتفاع درجة الحرارة و اكتساب الكربون فى الاوستنيت طاقة حرارية أعلى تزداد حركة ذرات الكربون بحيث نجد انه يحاول الخروج من بلورات الاوستنيت ومهاجمة

بلورات الفريت المجاورة والدخول فيها ؛ وبمجرد تمكن الكربون من الدخول الى بلورات الفريت فانه يحولها مباشرة من التكوين المركزى الجسم الى التكوين المركزى الوجه حتى تلائم دخول الكربون بها ٠ وبذلك ينكمش حجم البلورات – مما يظهر لنا خارجيا فى هيئة انكماش جديد مع تزايد درجة الحرارة ٠ ويستمر هذا الانكماش مع تحول الفريت الى الوستنيت الى ان يكتمل تحول البنية الداخلية الى التكوين الاوستينى فيكون المعدن قد وصل الى درجة الحرارة الحرجة العليا ؛ ويعود بعدها الى التمدد المنتظم وذلك حتى مراحل الانصهار

واذا اعدنا نفس التجربة على العينة (٠.٣ % كربون) نجد ان مظهرها المجهرى يشتمل ايضا على خليط من البلورات البرليتية مع البلورات الفريتية – كما فى العينة السابقة – الا ان نسبة البلورات الفريتية يزداد نظرا لإنخفاض نسبة الكربون بالصلب ٠

بمتابعة التجربة نجد ان جميع المشاهدات السابقة سوف تقل عن مثيلتها فى العينة (٠.٦ % كربون) ؛ كما ان درجة الحرارة الحرجة سوف ترتفع عن مثيلتها فى العينة السابقة ٠ ويرجع ذلك لانخفاض نسبة الكربون أو بمعنى أخر لقلة نسبة بلورات البرليت عن بلورات الفريت الاصلية – حيث يحدث الانكماش اولا لبلورات البرليت عندما تتحول الى الاوستنيت ؛ ومع ارتفاع درجة الحرارة يخرج الكربون من بلورات الاوستنيت ويتغلغل فى بلورات الفريت المجاورة محولا اياها الى بلورات من الاوستنيت ونظرا لقلة الكربون فى هذه العينة نسبيا فان ذلك يستلزم رفع درجة الحرارة حتى يتمكن هذا القدر القليل من الكربون من الانتشار فى جميع البلورات الفريتية وعندما يحولها جميعا الى بلورات من الاوستنيت تكون العينة قد وصلت الى درجة الحرارة الحرجة العليا ثم يعود المعدن بعدها الى التمدد الطبيعى ٠

٢- ٢-٤ توقيع مخطط منحنى التوازن الحرارى للحديد والكربون :

بتحليل وتجميع نتائج التجارب السابقة وتوقيعها معا فى منحنى أو مخطط موحد بين النسب المختلفة للكربون فى الصلب مع درجات الحرارة ؛

نستخلص بذلك جزءا هاما من مخطط التوازن الحرارى للحديد والكربون حيث نلاحظ عليه ما ياتى :

١- تتوحد درجات الحرارة الحرجة السفلى لجميع انواع الصلب فى ٧٢٣ْم ٠ وبذلك يمكن توصيلها جميعا لتكون الخط الحرج السفلى ٠

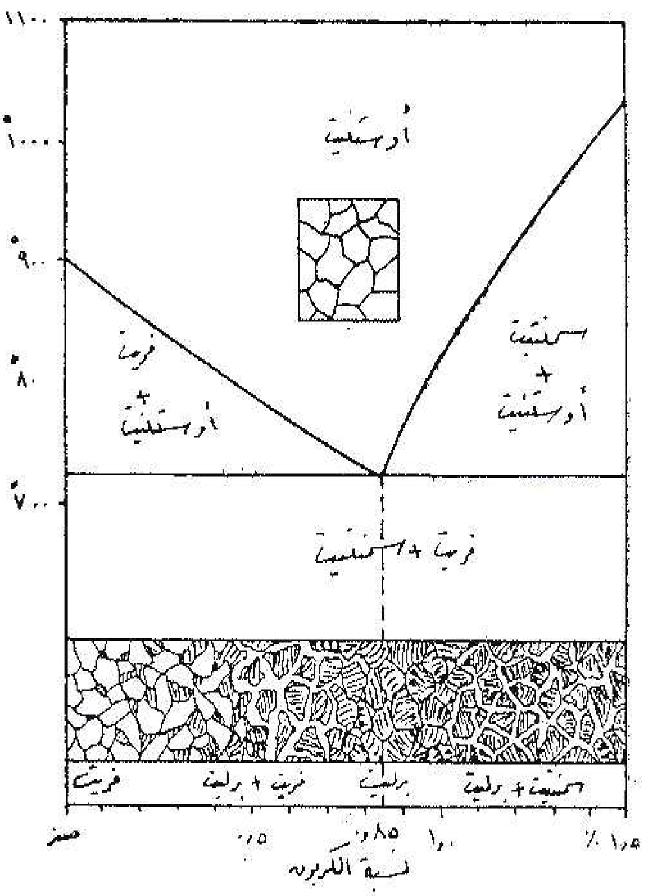
٢- ينفرد الصلب اليوتكتويدى (٠.٨٥ % كربون) بدرجة حرارة موحده عند ٧٢٣ْم ايضا حيث نجد تحت هذه الدرجة تكوين البرليت فى حين نجد فوق هذه الدرجة تكوين الاوستنيت ٠

٣- بتوصيل درجات الحرارة الحرجة العلوية للصلب تحت اليوتكتويدى – حيث يمتد المنحنى من درجة حرارة ٩٠٦ْم وهى درجة حرارة تحول الحديد من التشبيك المكعب المركزى الجسم الى التشبيك المكعب المركزى الوجه وحتى درجة حرارة ٧٢٣ْم عند درجة الحرارة الحرجة للصلب اليوتكتويدى – والذى يحصر بينه وبين الخط الحرج السفلى المنطقة الحرجة للصلب تحت اليوتكتويدى ٠ حيث تشتمل هذه المنطقة على بلورات من تكوينى الفريت والاوستنيت (الدرجة الحرجة السفلى) واكتمال تكون الاوستنيت (الدرجة الحرجة العليا) ٠ حيث لا يوجد فوق الخط الحرج العلوى الا تكوين الاوستنيت ٠

٤- بتوصيل درجات الحرارة الحرجة العلوية لانواع الصلب فوق اليوتكتويدى نجد انها تصل بين ٧٢٣ْم عند درجة الحرارة الحرجة للصلب ٠.٨٥ % كربون وتصل حتى درجة حرارة ١١٠٠ْم تقريبا للصلب ١.٧ % كربون حيث يتكون الخط الحرج العلوى لانواع الصلب فوق اليوتكتويدى ؛ والذى ينحصر بينه وبين الخط الحرج السفلى – المنطقة الحرجة للصلب فوق اليوتكتويدى ؛ حيث تشتمل هذه المنطقة على تكونى الاوستنيت والسمنتيت فقط ٠ ولا يوجد فوق الخط الحرج العلوى الا تكوين الاوستنيت فقط ٠

يعتبر مخطط الحديد والكربون مخططا متوازنا بمعنى أنه لايتأثر بفعل الزمن ٠ ومع ذلك فإن هذه الحالة نادرا ما تحدث من الناحية العلمية إلا أنه اذا ما احتفظ

بالمعدن عند درجة حرارة التحول لمدة كافية من الزمن – واذا ما استخدمت معدلات تسخين وتبريد بطيئة بقدر كاف فإن الظروف تكون قربية بقدر معقول من ظروف التوازن لجميع الاغراض ٠ شكل (٢-٢-٦)



شكل — مخطط التوازن الحرارى للحديد والكربون

شكل (٢-٢-٦)

وللانحراف عن ظروف الاتزان تاثير واضح على مخطط الحديد والكربون ؛ ولذلك أهمية خاصة فى المعاملة الحرارية للصلب ٠ فطرق التسخين الصناعية والمتبعة عادة لاتتم بمعدل بطئ كاف لتغير درجة الحرارة بحيث يسمح للاوستنيت بالتكون عند درجة حرارة ٧٢٣ْم كما يظهر بالمخطط ٠ ومضمون ذلك بالطبع هو ارتفاع درجة حرارة التحول كلما زاد التسخين ٠

٢- ٣ التحول مع التبرد ومنحنى الحرارة والزمن للحديدوالكربون

على عكس تحول التسخين – ومخالفا لنظام مخطط التوازن أثناء التسخين فإن تحول الاوستنيت الى الفريت والكربيد مع التبريد سوف لايتم عند درجة حرارة ٧٢٣ْم بل انه يتأخر بعض الشئ ٠

واذا كان معدل التبريد بطيئا تماما فان تحول الاوستنيت سوف يتم عند درجة حرارة فيما بين ٧٢٠ْم – ٧١٠ْم ٠

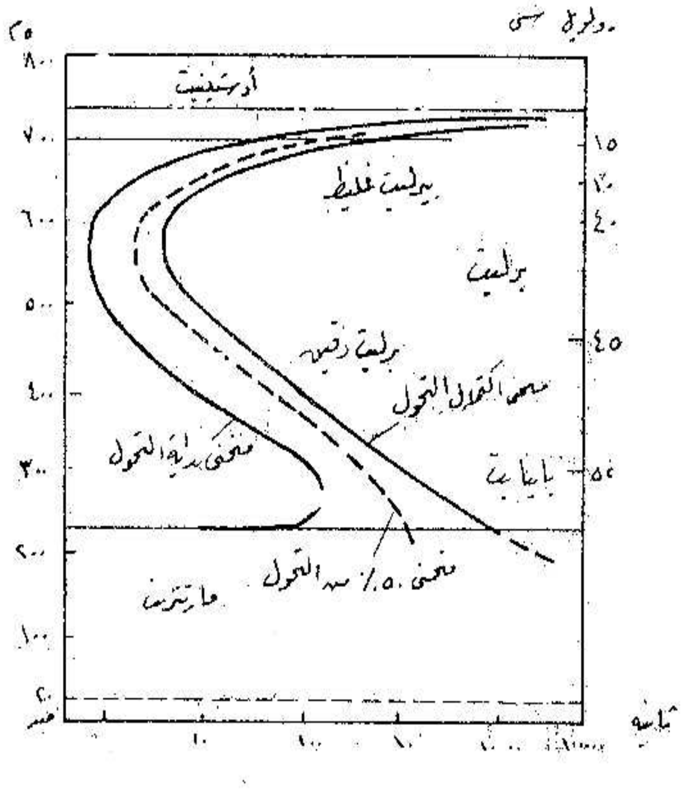
وكلما زاد معدل التبريد تهبط معه درجة حرارة التحول ٠ ويظهر تأثير معدل التبريد على منحنى أخر يعرف بمنحنى الحرارة والزمن وهو يأخذ عادة شكل منحنيين شبه متوازيين يمثل الايسر منهما بداية التحول الى البرليت والثانى نهاية أو أكتمال التحول الى البرليت ؛ لتجنب الرسم التخطيطى الزائد فى الطول فان مقياس رسم محور الزمن يؤخذ عادة لوغارتميا ٠ ويكون للمنحنى عادة منطقة حرجة تطلق عليها ركبة المنحنى والتى تكون بالنسبة لأنواع الصلب اليوتكتويدى وفوق اليوتكتويدى عند درجة حرارة ٥٧٠ْم تقريبا

٢-٣-١ توقيع منحنى الحرارة والزمن :

تؤخذ مجموعة من عينات نوع معين من الصلب ؛ ولتكن للتسهيل من الصلب اليوتكتويدى ٠.٨٥ % كربون ترفع درجة حرارة هذه العينات جميعا الى درجة تحولها الى الاوستنيت أى الى درجة حرارة ٧٥٠ْم مثلا ٠ ونحاول بعد ذلك متابعة الكشف عليها تباعا ٠ فنترك العينة الاولى عند درجة الحرارة نفسها ونراقب التحولات التى تطرأ عليها بفعل الزمن ٠ نلاحظ أن هذه العينة بالذات تحتفظ ببنيانها الداخلى كما هو ؛ ولا يطرأ على الاوستنيت بها أى تحول بمضى الوقت ٠ بعد ذلك نأخذ عينة أخرى كانت تامة التحول الى الاوستنيت عند نفس درجة الحرارة السابقة وننقلها مباشرة الى حمام ملحى ساخن مثبت عند درجة حرارة ٧٠٠ْم مثلا ونراقب التحولات التى تطرأ على بنيتها الداخلية ٠ هل ستظل ايضا بدون تحول ؟

أنها تبقى دون تحول فعلا ولكن لبعض الوقت فقط ٠ فبعد فترة من الزمن يلاحظ بها بداية تحول جزئى من الاوستنيت الى البرليت٠ ويستمر ذلك الى ان يكتمل التحول كلية٠ ويبقى بعد ذلك البرليت كما هو مهما طال عليه الزمن ٠

كما هو موضح بالشكل (٢-٣-١)



شكل . - منحنى الحرارة والزمن

شكل (٢-٣-١)

باعادة التجربة على العينة الثالثة حيث تبرد من الاوستنيت الى درجة حرارة ٦٥٠ ْم ونسجل أيضا الزمن اللازم ليبدأ التحول الى البرليت ثم الزمن اللازم لاكتمال التحول ٠ ونستمر بعد ذلك فى تكرار التجربة على العينات التالية مع خفض درجة حرارة التبريد ٥٠ ْم فى كل مرة ؛ مع تسجيل الزمن اللازم لكل من بدء التحول واكتمال التحول وتوقيع ذلك على الرسم الباقى ؛ من الرسم الموقع من البيانات الناتجة نستنبط ما يأتى :

١ـ تكون فترات التشريب الحرارى لازمة وطويلة فوق درجة الحرارة الحرجة

(الركبة) وعند درجات الحرارة هذه تتكون عادة بنية برليتية خشنة تقل فى خشونتها كلما اقتربنا من درجة حرارة الركبة ٠

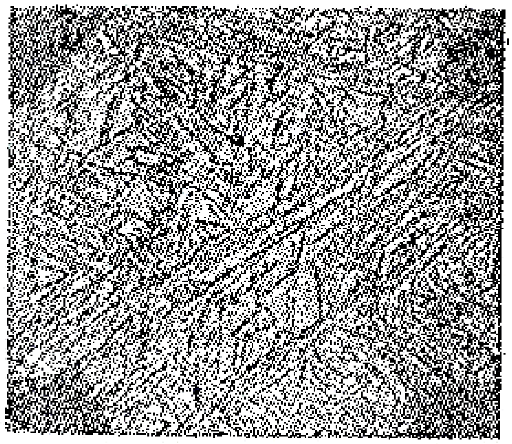
٢- يتناقص الزمن اللازم لبدء التحول بسرعة تجاه درجة حرارة الركبة (حوالى ٧٥٠ْم) وتكون قيمة الزمن اللازم عندها فى حدها الادنى ٠ ونادرا ما يزيد الزمن للتحول الكامل (للصلب الكربونى) عند درجة الحرارة هذه عن ثانية واحدة ٠

٣- عند درجات الحرارة المنخفضة يتزايد الوقت اللازم للتحول مرى أخرى ويصل عند درجة حرارة ٢٥٠ْم الى ساعة كاملة للحصول على تحول كامل ٠ والبنية التى نحصل عليها عند كل درجات حرارة التحول هذه بالغة الاهمية ٠ فاذا كان الصلب فى حالة اوستينيتية متجانسة قبل مرحلة التبريد فان ناتج التحول عند جميع درجات الحرارة بين ٧٢٣ْم الى ٧٥٠ْم تكون من البرليت الطبقى ومتناقصا فى خشونته كلما انخفضت درجة حرارة التحول ٠ وعند هذه المنطقة يكون الصلب الناتج طريا ولا يزيد فى صلادته عن (١٠ – ١٥) روكويل ٠ ومع تناقص درجة حرارة التحول تقل المسافات بين طبقات البرليت الناتج كما تتزايد ايضا صلادته زيادة مطردة حتى تصل الى ما بين ٤٠ – ٥٠ روكويل اذا تم التحول عند منطقة الركبة ٠ وتحت هذه المنطقة لايكون ناتج التحول برليتيا طبقيا بل تأخذ البنية شكلا ابريا ؛ وهو ما يسمى باينايت وتتزايد صلادة هذا الباينايت كلما انخفضت درجة حرارة التحول حتى تصل الى ٦٠ روكويل ٠

ويتضح لنا من منحنى الحرارة والزمن انه اذا اريد الوصول الى بنية بايناتية من الصلب الكربونى فيتحتم ان يكون معدل التبريد سريعا جدا تجنبا لركبة المنحنى وحتى نضمن عدم التحول الى البرليت ٠ ثم يقاطع التبريد عند منطقة الباينايت وذلك بغمر الصلب فى وسط مسخن الى درجة الحرارة هذه والاحتفاظ به لفترة كافية حتى يكتمل التحول الى الباينايت ٠ بعد ذلك لايكون لمعدل التبريد الى درجة حرارة الغرفة أى مفعول على البنية الداخلية للصلب ٠

٢-٣-٢ تحول المارتنزيت :

اذا استمر التبريد السريع الى درجة حرارة تقرب من ٢٠٠ ْم تطرأ ظاهرة جديدة ؛ وهى حدوث تحول كامل من الاوستنيت الى تكوين جديد لايتحول بفعل الزمن كما كان يحدث للاوستنيت فى درجات الحرارة الاعلى . ويشتمل هذا التكوين على عدد ضخم من القشيرات المجهرية التى تعطى البنيان الدقيق مظهرا ابريا عشوائى الاتجاه يسمى (المارتنزيت) وكل ابره من المارتنزيت يفترض انها تكونت فى جزء من عشرة ألاف من الثانية . شكل (٢-٣-٢)



شكل . ـ المارتنزيت ذو الشكل الابرى

شكل (٢-٣-٢)

وللمارتنزيت شبكية ذرية رباعية مركزية الجسد ونسبة الكربون الموجود فى الصلب تغير من شكل هذه الشبكية . لان ذرات الكربون تكون قد حشرت فى أماكن مرغمة على البقاء فيها . ونتيجة لذلك فان تكون المارتنزيت تصاحبه اجهادات عالية جدا ينتج عنها ارتفاع شديد فى الصلادة . لذا فان المارتنزيت هو التكوين السائد للصلب المقسى . شكل (٢-٣-٣)

وفى حين يتم التحول الى البرليت والباينايت مع ثبوت فى درجة الحرارة (ايزوثرمى) فان التحول الى المارتنزيت يتوقف على درجة حرارة التحول نفسها ويزداد مقدار المارتنزيت كلما انخفضت درجة الحرارة واذا قوطع التبريد بعد تكوين قدر معين من المارتنزيت فان التحول يتوقف كلية . وتبين الخطوط

الافقية فى منحنى الحرارة والزمن مقدار المارتنزيت المتكون فى درجات الحرارة المختلفة ٠

شكل (٢-٣-٣)

وتتوقف درجة صلادة البنية النهائية على نسبة أحتواء الكربون فى المارتنزيت وكذلك على مقدار الاوستنيت المتبقى والذى لم يتحول ٠ ويتميز هذا الاوستنيت المتبقى بصلادة لاتزيد على صلادة الصلب المخمر ومع ذلك فمن الصعب جدا أى انخفاض ملموس فى الصلادة نتيجة لوجود الاوستنيت المتبقى (وذلك اذا استخدمت طرق قياس الصلادة العادية) الى ان تزيد نسبة الاوستنيت الى ما يقرب من ١٠ – ١٥ فى المائة من سطح البنية المجهرية ٠

وهذا الاوستنيت المتبقى يكون غير مستقر وغير مرغوب فيه نظرا لانه يمكنه التحول الى المارتنزيت اما نتيجة لفعل ميكانيكى أو بسبب عملية المراجعة الحرارية أو حتى بسبب التأثر بالزمن عند درجة حرارة الغرفة ٠ وقد يتسبب هذا التحول المتأخر فى تغير الابعاد ثم زيادة القصافة وفى بعض الاحيان قد يتسبب ايضا فى ظهور الشروخ ٠

والغرض من المعاملة الحرارية هو التأثير على بنية الصلب وتطويعها وتغير هيئتها للوصول بها الى التكوين الذى يفى بالخواص الميكانيكية أو الفزيائية

المطلوبة . وبالفعل يكون للمعاملة الحرارية التى تجرى على قطعة الصلب تأثير كبير عليها . فقد تكون صلدة جدا وصعبة الخدش بحيث يمكن استخدامها كأداة قاطعة بينما يمكن بأجراء عملية حرارية بسيطة عليها تحويلها الى صلب لين متين لايقبل الخدش فحسب بل يقبل التشكيل أو التشغيل . ويمكن بعملية حرارية أخرى اعادة نفس القطعة الى حالتها الصلدة الاولى .

ومن المعروف ان العمليات الحرارية للصلب تمر فى طورين اساسين هما :

طور التسخين ؛ وطور التبريد . فطور التسخين هو فى الواقع اعداد لطور التبريد ؛ وبدون الاعداد والتنفيذ الصحيحين للطور الاول فإن نتائج الطور الثانى لا تؤتى ثمارها .

أو بمعنى أخر ان النتائج التى نحصل عليها من مرحلة التبريد هى بالتأكيد انعكاس لما يتم فى مرحلة التسخين .

من ذلك نجد ان المعاملات الحرارية إنما هى تطبيق للمعلومات السابقة إلا أن تنفيذ ذلك يتفاوت بالطبع طبقا للامكانيات المتاحة ونوع الصلب والهدف المراد تحقيقة .

٢-٣-٣ التخمير

يمكن تعريف التخمير بوجه عام – بأنه العملية التى تشتمل على التسخين والتبريد بهدف تلدين الصلب .

إلا ان هناك أهدافا أخرى تتحقق مع التلدين أهمها إزالة الاجهادات الناتجة عن عمليات سابقة سواء أكانت قد أجريت على الساخن كالحدادة أو السباكة مثلا أم أجريت على البارد كعمليات السحب أو البثق ٠

وبصفة عامة فإن التخمير هو العملية التى تكسب الصلب أفضل الصفات والخواص التكنولوجية ؛ إلا انها لا تزيد الصلادة والقوة ٠

وتتلخص عملية التخمير فى الوصول الى درجة حرارة الاوستنيت و الانتظار لفترة التشريب ؛ يلى ذلك التبريد البطئ ٠

وفيما يلى بعض أنواع التخمير الهامة ٠

١- التخميرالكامل :

ويستلزم تسخين الصلب الى ما فوق درجة الحرارة الحرجة العليا والاحتفاظ به لفترة تشريب طويلة يتلوها التبريد البطئ ٠

وتبرد عادة الاجسام الكبيرة داخل أفران مناسبة ٠ أما الاجسام الصغيرة فيمكن اخراجها وغمرها بسرعة فى الرمل أو فى أى مادة عازلة ملائمة ٠

ويستخدم التخمير الكامل عادة للمشغولات المصنعة من الصلب تحت اليوتكتويدى وهو يساعد على التخلص من الاجهادات الداخلية بها كما انه يجعلها سهلة التشغيل ٠

٢- التخمير التكويرى :

يتم تسخين الصلب الى درجة حرارية تحت الدرجة الحرجة السفلى مباشرة ٠ ومن المعلوم ان البرليت الطبقى يتحول عند ذاك الى البرليت الكروى ٠ فاذا تم تبريد الصلب من هذه الدرجة استقر هذا البنيان بل لقد ثبت أن رفع درجة الحرارة فوق الدرجة الحرجة قليلا ثم انزالها مرة اخرى وتكرار ذلك عدة مرات يساعد على سرعة تكوين النظام الكروى للبرليت ٠

وهو النظام الذى يعطى للبنية صفات تشغيلية وتشكيلية أفضل بكثير من النظام الطبقى ٠ وتستخدم هذه الطريقة اساسا لتخمير أنواع الصلب فوق اليوتكتويدى ٠

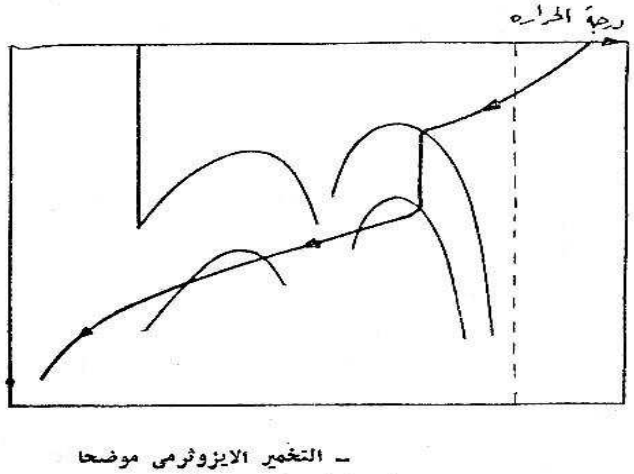
٣- التخمير الجزئى :

ويسخن فيه الصلب الى درجة حرارة تقع بين الحرارة الحرجة السفلى ودرجة الحرارة الحرجة العليا ؛ وبعد فترة التشريب يترك الصلب ليبرد داخل الفرن ٠ وتستخدم هذه الطريقة كبديل للتخمير الكامل بالنسبة للصلب تحت اليوتكتويدى أو المنخفض الكربون على وجه الخصوص بهدف الاقتصاد فى التكاليف والاسراع بالمعاملة ٠ اذ أن درجة الحرارة الحرجة العليا لهذه الانواع من الصلب تكون مرتفعة نسبيا ٠ كما أن معظم البنية تكون قد تحولت الى بنية أوستنيتية عند تجاوز درجة الحرارة الحرجة السفلى ؛ مما لايختلف ناتجها الاخير كثيرا عن التخمير الكامل ٠

٤- التخمير الايزوثرمى :

وفيه يتم تسخين الصلب الى درجة حرارة التحول الاستنيتى ثم خفض درجة حرارة الفرن مباشرة الى ما يتراوح بين (٦٣٠ ْم ؛ ٦٨٠ ْم) والانتظار عند هذه الدرجة حتى يتم التحول البرليتى ٠ وبعد ذلك يمكن فتح الفرن واخراج المشغولات (توفير للوقت وللفرن) إذ ستكون البنية الداخلية قد أكتمل تحولها الى البنية الملدنه المشابهه تماما للبنية التى تحصل عليها من التخمير الكامل ٠شكل (٢-٣-٤)

وتمتاز هذه الطريقة بخفضها لزمن عملية التخمير الى النصف تقريبا ٠



- التخمير الايزوثرمى موضحا على منحنى الحرارة والزمن

(٢-٣-٤)

٥- التخمير التهذيبى :

تجرى هذه العملية لازالة التعاريق والعيوب البنيانية الناتجة عن عمليات الصهر والسباكة وبخاصة على تماسيح الصلب بعد انتاجها مباشرة وفيها يسخن الصلب الى درجة حرارة مرتفعة تتراوح ما بين ١٠٠٠ : ١١٥٠ ْم ٠ ويترك الصلب عند هذه الدرجة لفترات تتراوح بين ٨ الى ١٥ ساعة يعقبها التبريد البطئ وتستلزم هذه العملية اجراء عملية تخمير كامل تالية حتى يمكن اعادة تكوين البلورات التى تتسبب عملية التخمير التهذيبى فى تضخمها ٠

٦- التخمير الصناعى (ازالة الاجهادات) :

وتجرى هذه العملية على المعادن المدرفلة على البارد أو التى أجريت عليها عمليات تشكيل أو تشغيل بوجه عام ؛ وذلك للتخلص من الصلادة أو الاجهادات المكتسبة من هذه العمليات ٠ أو قبل عمليات التصليد وبخاصة لاجزاء العدد بوجه عام ٠

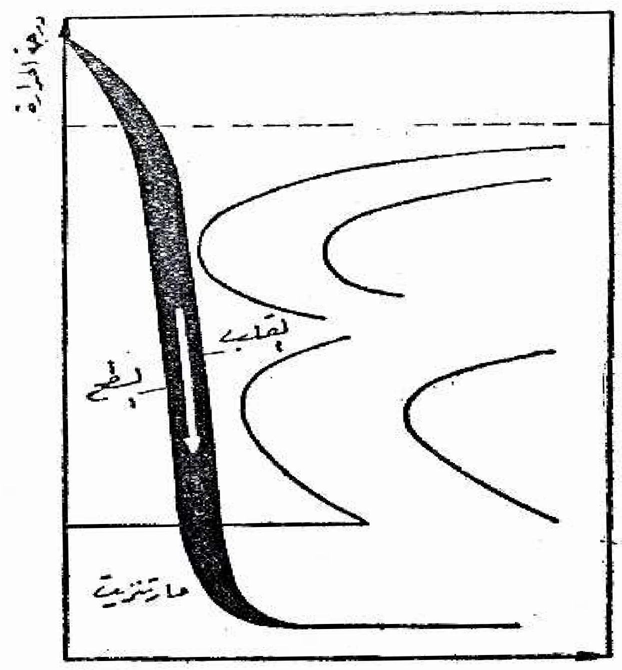
وفيها تسخن المشغولات الى درجة حرارة ٦٠٠ ْم وتستبقى لفترة تشريب مناسبة ثم التبريد البطئ الى درجة حرارة ٤٥٠ ْم وبعدها التبريد السريع ؛ أى تغير فى البنية الداخلية حيث أن ذلك لن يحدث عند هذه الدرجة ٠ بل يكون الهدف فقط هو ازالة الاجهادات والاعداد لعمليات تالية ٠

٢-٣-٤ التصليد

تنحصر عملية التصليد المعتادة فى تسخين الصلب الى درجة حرارة منطقة الاوستنيت ثم التبريد السريع (السقى) بحيث يحال دون حدوث التحول اثناء الهبوط ؛ وذلك للحصول على بنية مارتنزيتية ٠

ولكل نوع من الصلب حد أدنى لمعدل التبريد يسمح بالوصول الى هذه البنية المارتنزيتية ٠ وهنا يدخل حجم قطعة الصلب فى المشكلة ٠ اذ كلما كبر حجمها كان هناك فارق بين درجات حرارة سطح القطعة وقلبها ٠

ومن الشكل الموضح (٢-٣-٥)



– التصـــليد المعتـــاد موضـــحا على منحنى الحرارة والزمن

شكل (٢-٣-٥)

يتبين تأثير الفارق بين السطح والقلب لقطعة صلب أثناء تصليدها ٠ ومن المنحنى نجد ان السقى كان سريعا بحيث لم يحدث أى تحول سواء الى البرليت أو الباينايت ٠ وخلال مرحلة السقى ؛ وعندما تصل درجة الحرارة الى تكون المارتنزيت – أى الحد الاعلى لمنطقة المارتنزيت يبدأ التحول الى المارتنزيت ويزداد مع هبوط درجة الحرارة ٠ وهنا نلاحظ انه عندما تكون درجة حرارة السطح قد دخلت تماما فى منطقة المارتنزيت تكون درجة حرارة القلب للقطعة مازالت خارج منطقة التحول ؛ ولما كان تحول المارتنزيت يصحبه زيادة فى الحجم فان التبريد السريع تصحبه دائما مخاطر بالنسبة للتشوه والتشرخ ؛ وترجع اسباب ذلك لاختلاف أزمنة التحول ؛ كما تزداد هذه المخاطر كلما ازداد تعقد شكل قطعة الشغل؛ كما نلاحظ

ايضا انه كلما زاد معدل التبريد زاد الفارق بين درجة حرارة السطح اثناء تحولة الى المارتنزيت وبين درجة حرارة القلب مما يزيد من هذه الاخطار ٠
على ذلك نجد أن الطريقة المثلى للتصليد انما تكون بالاسراع بتبريد الصلب وهو يمر فى المنطقة ما بين ٦٠٠ ْم الى ٣٥٠ ْم تجنبا لركبة المنحنى ؛ ثم الابطاء اثناء المرور فى مرحلة التحول (٣٠٠ ْم الى ٢٠٠ ْم) للتقريب بين درجات حرارة السطح والقلب وتجنبا لنشوء الاجهادات الداخلية ٠
وبتطبيق هذا النظام نجد ان السقى فى وسط واحد لن يحقق المطلبين معا ؛
اذ أن الماء مثلا سوف يحقق التصليد بالمرور فى المنطقة السفلية الا انه سوف يكسب المعدن الاجهادات المتوقعة ٠
اما عند استخدام الزيت فى السقى مثلا فيمكن تجنب هذه الاجهادات ٠ الا ان الزيت يعرض القطعة للدخول الى ركبة المنحنى واتمام تحول جزء من الاوستنيت الى البرليت قبل الهبوط الى منطقة المارتنزيت ٠
ولذلك استحدثت بعض الطرق لتجنب مشاكل عملية التصليد المعتادة وأهمها التصليد المتقطع ؛ والتصليد المرحلى ؛ والتصليد الايزوثرمى ٠

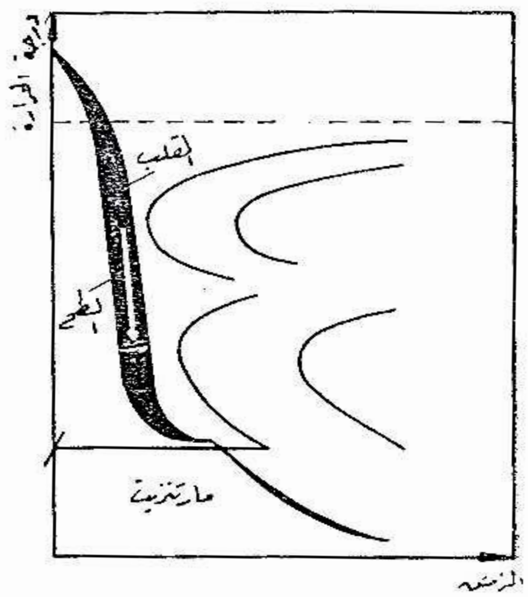
١- التصليد المتقطع :

وفى هذه الطريقة يتم السقى فى الماء من درجة حرارة الاوستنيت لعدة ثوان فقط ثم الانتقال السريع الى الزيت لاستكمال التبريد ببطء أكثر ٠
وقد تحقق هذه الطريقة جزءا من المطلبين الاساسين وهما المرور السريع فى المنطقة العلوية (٦٠٠ – ٣٥٠ ْم) ثم الانتقال الى الزيت لاستكمال التبريد بمعدل أقل ٠ الا ان هذه العملية تحتاج الى خبرة كبيرة فى التنفيذ حيث يصعب التكهن بدرجة حرارة الصلب لحظة نقلة من الماء الى الزيت ٠ كما ان مشاكل الفرق بين درجات حرارة السطح والقلب تظهر هنا ايضا ٠ ولا يوصى بالقيام بهذه العمليات الا فى المشغولات البسيطة فقط ٠

٢- التصليد المرحلى :

فى هذه الطريقة يستبدل بالسقى من الماء أو الزيت – بالسقى فى حمام ملحى معد ومثبت عند درجة حرارة أعلى قليلا من درجة حرارة منطقة تحول المارتنزيت ٠ تنقل الشغلة من درجة حرارة الاوستنيت مباشرة الى هذا الحمام وتترك به لفترة كافية من الزمن لضمان الوصول الى درجة حرارة متجانسة فى حجم الشغلة كله ٠ وبعد ذلك يتم تبريد الشغلة فى الهواء الساكن حتى درجة حرارة الغرفة حيث تمر فى منطقة التحول بأدنى معدل للتبريد وكما يظهر فى الشكل فان هذه الطريقة تعطى اختلافا صغيرا جدا فى درجة الحرارة بين سطح الجسم وقلبه مما يمنع ظهور الاجهادات نهائيا تقريبا ٠

كما هو موضح على منحنى الحرارة والزمن شكل (٢-٣-٦)



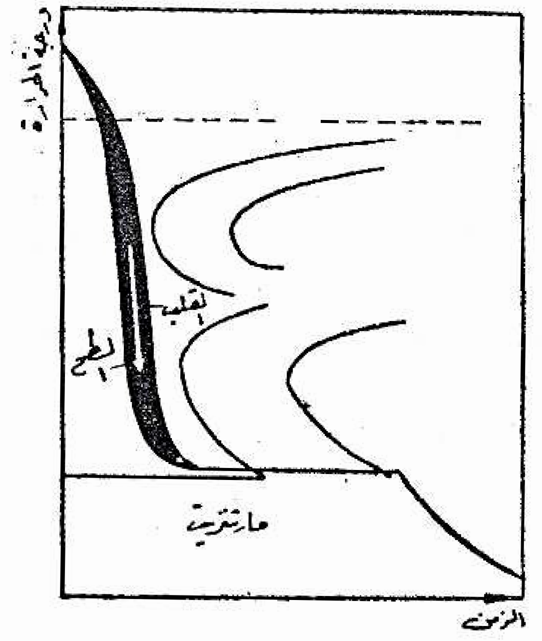
التصـــليد المرحلي موضـــحا على منحنى الحرارة والزمن

(٢-٣-٦)

٤- التصليد الايزوثرمى :

هذه الطريقة تسمى التصليد البينايتى نظرا لان ناتجها هو الحصول على بنيان كامل من البينايت المعروف باتزانه وصلادته المرتفعة ؛ وذلك مع تجنب مخاطر التشوه والتشرخ ٠ وتتم هذه الطريقة بنفس الطريقة السابقة أى بسقى المشغولات فى حمام ملحى مسخن ومثبت عند درجة حرارة تزيد قليلا عن درجة حرارة التحول المارتنزايتى والبقاء بها لمدة طويلة (تزيد كثيرا على المدة فى الطريقة السابقة) وتصل لعدة ساعات حسب نوع الصلب ؛ وحتى يتم التحول كلية الى بنيان من البينايت ؛ تستخرج المشغولات وتترك لتستكمل تبريدها فى الهواء حتى درجة حرارة الغرفة ٠

ورغم ان الباينايت لايصل فى صلادته الى صلادة المارتنزيت الا انه يفوقه فى المتانة والمرونة مما يعتبر فى ذلك افضل بنية للبايات ٠ كما انه يتميز بالاستقرار وبعدم احتياجة لعملية مراجعة تالية ٠



التصليد الايزوثرمى موضحا على منحنى الحرارة والزمن

شكل (٢-٣-٧)

٢-٣-٥ المراجعة :

عملية المراجعة هى العملية الختامية للعمليات الحرارية أى انها العملية التى تأتى بعد عملية التصليد مباشرة ٠ وهى تتم لهدفين ؛ الاول هو التخلص بقدر الامكان من الاجهادات الناشئة عن قسوة عملية التصليد مع تحويل المارتنزيت غير المستقر الى مارتنزيت مستقر ٠ والهدف الثانى هو خفض درجة الصلادة الى الدرجة المناسبة لوظيفة الشغلة ويختلف منحنى المراجعة لكل نوع من الصلب عنه لانواع أخرى ٠الا انها تتميز جميعا بالنسبة للصلب الكربونى تقريبا فى ان المنطقة حتى درجة حرارة ١٨٠ ْم تكون منطقة ازالة اجهادات ؛ بمعنى انه اذا سخنت المشغولات السابق تصليدها – حتى هذه الدرجة وتركت لفترات زمنية مناسبة فانها تستبقى صلادتها المكتسبة من عملية التصليد ؛ ولكنها فى الوقت نفسه تتخلص من الاجهادات التى تخلفت فى المشغولات من جراء عملية التصليد ٠

اما اذا تجاوزنا هذه الدرجة الحرارية يلاحظ ان المنحنى بدأ يهبط بمعنى هبوط صلادة الشغلة عما اكتسبته من التصليد ؛ ويستمر هذا الهبوط حتى يتم التخلص من كل الصلادة المكتسبة وذلك عند الوصول فى عملية المراجعة الى درجة ٥٥٠ ْم تقريبا ٠

وكثيرا ما يوصى بتكرار عملية المراجعة نظرا لاحتمال وجود الاوستنيت المتبقى حيث يحتمل تحوله مع عملية المراجعة المرتفعة الاولى الى المارتنزيت ثم يتم مراجعته مع عملية المراجعة الثانية ٠

كما يوصى دائما بأتمام عملية المراجعة بعد عملية التصليد مباشرة ؛ حتى لا تستفحل اجهادات التصليد بحيث لاتجدى معها المراجعة بعد ذلك ٠ وكثيرا ما يحدث لبعض المشغولات التى يتم تصليدها بنجاح ان تتشرخ بعد مرور يوم أو يومين بسبب عدم اتمام مراجعتها مباشرة ٠ كما ان مثل هذه المشغولات تكتسب قصافة شديدة لهذا السبب نفسه ٠

١- المعادلة :

هى العملية الوسطى بين التصليد والتخمير فهى تتم برفع درجة حرارة الصلب الى ما فوق درجة الحرارة الحرجة العليا والتشريب لفترة مناسبة ثم التبريد فى الهواء الساكن ٠

ومعدل التبريد فى الهواء الساكن وسط بين معدلى التبريد فى الماء أو الزيت (التصليد) ومعدل التبريد داخل الفرن المغلق (التخمير) ٠ وينتج عن هذا التبريد الوصول الى بنيان برليتى ولكنه اصلد قليلا من البنيان المخمر ٠

المعادلة عملية صناعية تستخدم بكثرة لسهولتها وسرعتها حيث انها ترفع قليلا من صلادة الصلب المخمر وخاصة الصلب المنخفض الكربون وتقوم بتطرية الصلب المصلد ٠ كما انها تستخدم بكثرة لازالة الاجهادات بعد عمليات التطريق ؛ حيث يكون للمعادلة تأثير كبير على تحسين بنية المطروقات واعدادها للعمليات التالية ٠

٢- التصليد السطحى :

يستخدم التصليد السطحى للحصول على بنية مارتنزيتية على السطح الخارجى للجسم مع الاحتفاظ بقلبة فى حالة لدنه (برليتية) ؛ وذلك فى الاغراض التى تتطلب صلادة خارجية لمجابهة التأكل بالاحتكاك مع الاحتفاظ بالقلب ملدن لامتصاص الصدمات ٠ كما هو مطلوب فى حالة التروس والاعمدة ؛ وتجرى هذه العملية بطرق مختلفة من التسخين السريع بحيث تصل القشرة السطحية الى درجة الحرارة المطلوبة ثم التبريد السريع قبل انتقال الحرارة الى الطبقة الداخلية ٠ وهذه الطريقة ليست من الطرق المأمونة تماما لعدة اسباب أهمها عدم امكان قياس درجة حرارة السطح المسخن بكيفية دقيقة تسمح بضبطها ؛ كما ان سرعة التسخين لاتتيح الفرصة لفترة تشريب مناسبة تضمن معها اكتمال التحول المرغوب ٠

ولا تجرى عملية التصليد السطحى الا على انواع من الصلب الكربونى الذى تزيد به نسبة اكربون عن ٠.٤ % ٠ وهناك طرق مختلفة للتسخين بهذا النظام اهمها اللهب والتيار الكهربائى الا ان افضلها واوسعها انتشارا هو استخدام التيار ذى التردد العالى ٠

وقد امكن ايجاد معادلة تطبيقية لمعرفة عمق الطبقة التى يمكن تسخينها وهى :

د = ٥٠٠ / ذ مم ٠

حيث د = عمق الطبقة التى يمكن تسخينها مم ٠

ذ = تردد التيار ؛ ذبذبة / ثانية ٠

أسئلة على الباب الثانى

س١ عرف كل من : الفريت – السمنتيت – البرليت ؟

س٢ أشرح مخطط التحول مع التسخين والنقاط الحرجة لعينات من الصلب مع الرسم ؟

س٣ ما معنى كل من : درجة الحرارة الحرجة السفلى – درجة الحرارة الحرج العليا

س٤ تكلم بإجاز عن كيفية توقيع منحنى التوازن الحرارى للحديد والكربون أثناء عملية التسخين مع رسم مبسط لمنحنى التوازن الحرارى ؟

س٥ أشرح كيفية توقيع منحنى الحرارة والزمن لعينات من الصلب أثناء عملية التبريد مع رسم مبسط لمنحنى الحرارة والزمن ؟

س٦ قارن بين التخمير الكامل والتخمير التكويرى ؟

س٧ أذكر ما تعرفه عن :

- التخمير الجزئى ٠ - التخمير ا لايزوثرم - التخمير التهذيبى ٠
- التخميرالصناعى (لإزالة الاجهادات) ٠

س٨ تكلم عن كل من :- التصليد المتقطع – التصليد المرحلى – التصليد الايزوثرمى - التصليد السطحى ٠

س٩ قارن بين : عملية المراجعة وعملية المعادلة ؟

الباب الثالث

الخردوات والمكملات الأخرى للإنشاءات المعدنية

أشكال ومقاسات واستخدامات الخردوات المعدنية اللازمة للمشغولات المعدنية:-

٣-١ المفصلات

العقب

السباليونات

الترابيس

السكاكات

الكوالين

المقابض

الكعوب

مجارى الإنزلاق .

صناعة الخردوات بواسطة القوالب المعدنية (الإسطمبات) .

٣-٢ مشتركات المواسير (الوصلات) .

مقدمة :

نقصد بالمكملات (الإكسسوارات) أو الخردوات بأنها وحدات تكتمل بها عملية إنتاج المشغولات المعدنية حيث تستعمل فى أعمال التجميع للمنتجات المعدنية ، وتختلف الخردوات المستعملة باختلاف نوعية المنتجات المعدنية وأغراض إستعمالها وهى ذات أشكال ومقاسات وأحجام متعددة تتناسب مع هذه الأغراض المختلفة المستعملة من أجلها وأماكن تركيبها.

وهى تشمل مقارع الأبواب ومقابض الدلف والأدراج ، بالإضافة إلى أوجه المفاتيح والمفصلات ذات الأجنحةأوالمفصلات العادية للدلف المتحركة رأسياً أوالمفصلات القلابة أو المحورية كالتى تستخدم فى تحريك مشغولات الكريتال والمقابض والسباليونات والسكاكات والترابيس والكوالين .

وهذه الخردوات أوالإكسسوارات على أهميتها ظلت تقليدية وغير متطورة منذ القدم،فهى كانت تصنع من الصلب واتخذت على مرالعصورأشكالاً فنية توائم الموضع الذى تشغله ، أو اليد التى تقبض عليها ، بدقة الأداء فنياً وتقنياً وتصميماً .

وتطورت صناعة الخردوات فى العصر الحالى بشكل غير مسبوق من ناحية التصميم تتناسب وشتى المجالات والإستعملات المختلفة ، وأيضاً من ناحية الخامة فابالإضافة إلى الحديد هناك خامات أخرى مثلا النحاس المطلى بالنيكل أو المؤكسد كما تصنع من البرونز المذهب والمؤكسد وأيضا من الألومنيوم ، وقد تصنع هذه الخردوات من خاماتَ أخرى مثل اللدائن والبلاستيك والبكاليت ومن خامات متداخلة معدنية وبلاستيكية بأشكال مختلفة ومتنوعة ذات مظهر جمالى تناسب الغرض المصنعة من أجله والذوق الفنى .

وتستخدم أساليب تشغيل متنوعة للحصول على الإكسسوارات (الخردوات) المطلوبة منها السباكة أو الكبس على المكابس المختلفة مع الإستعانة بالمخارط وغيرها . وقد يكون لكل نوع من هذه الإكسسوارات وحدة صناعية تقوم بانتاجها أو قد تقوم وحدات متعددة تبعاً للإمكانيات المادية والتكنولوجية .

٣-١ أشكال ومقاسات واستخدامات الخردوات المعدنية اللازمة للمشغولات الحديدية:-

١ - المفصلات

٢ - العقب

٣ - السباليونات

٤ - الترابيس

٥ - السكاكات

٦ - الكوالين

٧- المقابض

٨- الكعوب

٩- مجارى الإنزلاق

١٠ - صناعة الخردوات بواسطة القوالب المعدنية (الإسطمبات)

١ - المفصلات :-

تستخدم المفصلات باختلاف أنواعها فى تركيب الأبواب والشبابيك والدلف فى الاطارات المختلفة و تصنع المفصلات من الحديد أو النحاس أو البرونز بأشكال وأنواع كثيرة تناسب مختلف الإستعمالات . وتتركب المفصلات عموماً من جناحين متصلين ببعضهما إتصالاً مفصلياً بواسطة دليل (محور) ذات تخويش لتثبيتها بمسامير القلاووظ فى الدلف والاطار.

وفيما يلى بعض أنواع المفصلات الشائعة الإستعمال فى المشغولات المعدنية المختلفة:-

١ - مفصلةعادة :

وتستعمل للأبواب والشبابيك والمحور ثابت فى أحد جناحيها .

٢ - مفصلة قلابة (مروحة) :

وتسمى مفصلة برافان حيث تستعمل فى تجميع دلف الحواجز المتنقلة (البرافانات) وفى دلف الأبواب التى تفتح للداخل والخارج مثل أبواب المحال التجارية التى تحتاج إلى حركة دائمة وهى ذات حركتين مفصليتين وتتركب من ثلاثة أجنحة متصلة ببعضها بواسطة محاور (دلاليك) ، يثبت منها إثنان أحدهما فى الاطار والآخر فى الجزء المتحرك وتصنع غالباً من النحاس وتثبت بواسطة مسامير القلاووظ .

٣- المفصلة الحدادى :

وتصنع يدويا وتستعمل فى البوابات التى تركب فى الحوائط بدون اطار ، وتتكون من ذكر وأنثى متبادلان يميناً وشمالاً ويثبت الجناح المخلخل (الذكر) فى الحلق بحيث يكون اتجاه

الصباع المخلخل إلى أعلى ، وتثبت الأنثى فى الدلفة وتركب على أبعاد متساوية على إرتفاع الدلف حتى يكون الثقل موزعاً على عدد الممفصلات بالتساوى .

٤-مفصلة بقجة :

تختلف أطوالها من ٢٥-١٥٠ مم لتناسب مختلف أحجام الدلف والعلب ، ويركب أحد جناحيها فى الدلف والآخر فى الاطار بواسطة مسامير القلاووظ ، ويوجد نوع يعرف بمفصلة بقجة لطش تستخدم فى حالات خاصة يتطلب فيها إظهار الجناحين على السطح إذا كانا مزخرفين كحلية .

٥- مفصلة بقجة بزر :

وهى تشبه المفصلة العادية غير أن طرفى الدليل ذوحلية على شكل زر كروى أومخروطى الشكل بهيئة حلية زخرفية وتركب هذه المفصلة فى سمك عظم الدلفة والحلق ويكون الدليل بارزاً عن سطح المشغولة .

٦- مفصلة زيتونة :

وتشبه المفصلة البقجة أيضاً إلا أن دليكها مشكل بشكل زيتونة . وتصنع غالباً من النحاس المسبوك وهى ذات جزأين (ذكروأنثى) ويركب الذكر فى جانب الشغلة أو الحلق بينما تركب الأنثى فى عظم الدلفة ويكون دليكها بارزاً عن سطح الشغلة .

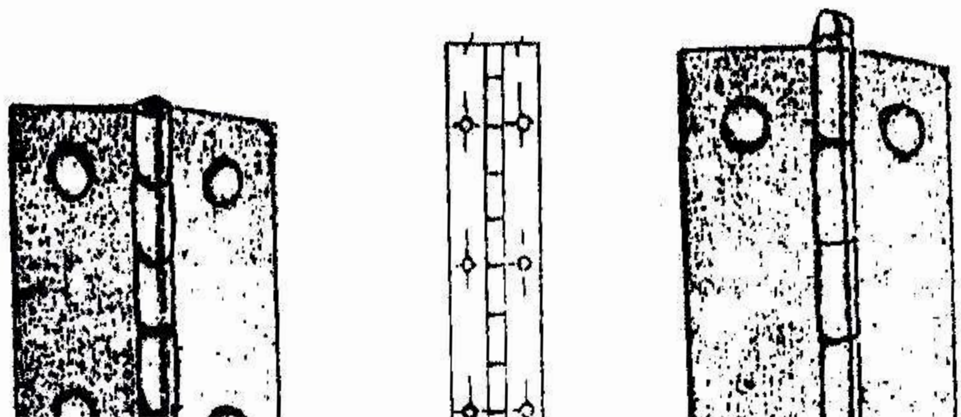
٧- مفصلة سكينة :

وتشبه المفصلة البقجة بزر إلا أن جناحيها عريضين وتتكون أيضاً من جزأين (ذكر وأنثى) يركب الذكر فى الجانب وتركب الأنثى فى عظم الدلفة ويكون دليكها بارزاً على السطح . وتثبت بواسطة مسامير القلاووظ والصواميل .

٨- مفصلة شريط :

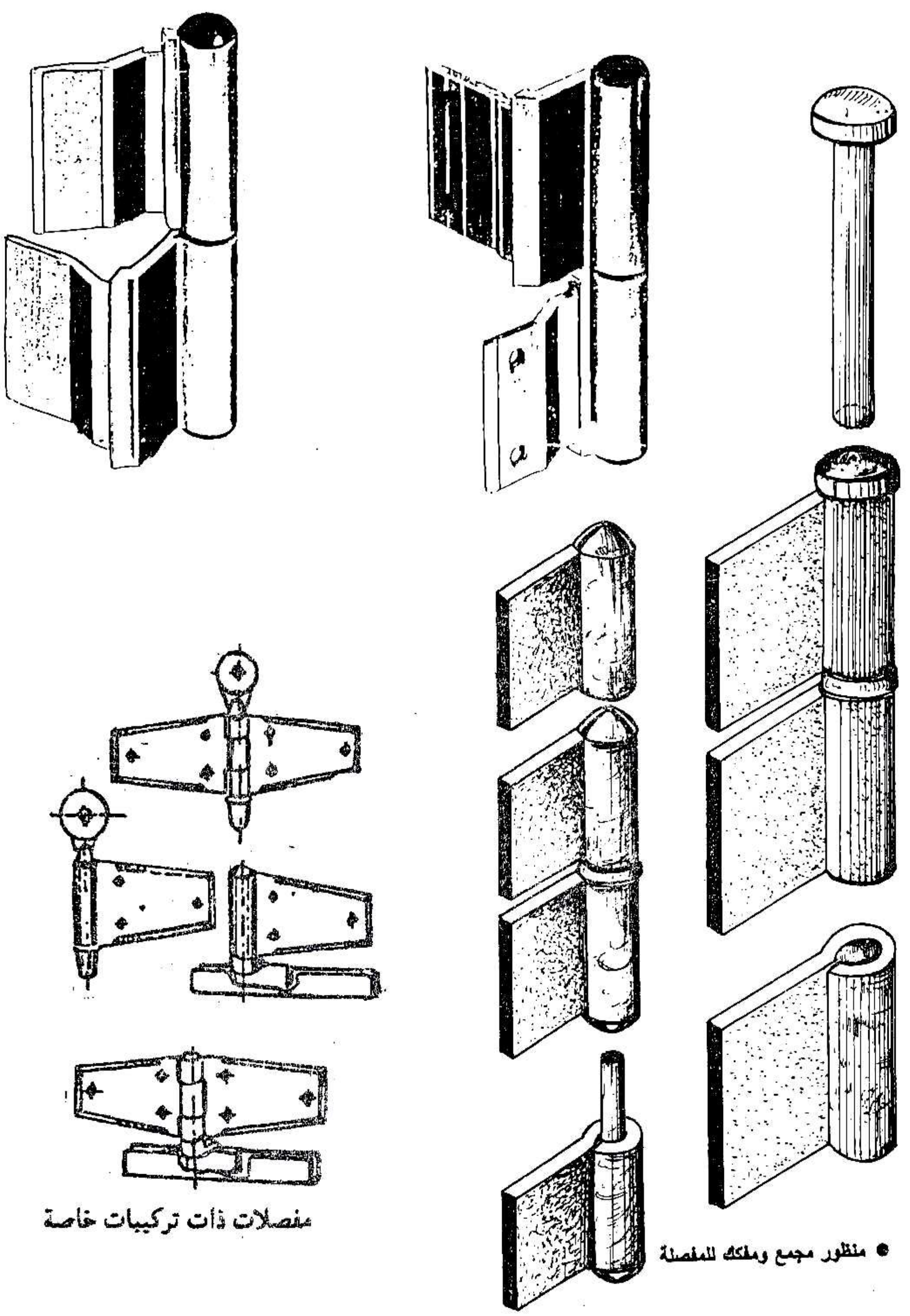
وهى عبارة عن مفصلات ذات جناحين مصنوعة بشكل شريط طويل بعروض مختلفة تناسب مختلف أحجام المشغولات وتقطع حسب الأطوال اللازمة منها وتركب بطول الدلف بأكملها ويثبت أحد جناحيها فى الدلفة ثم يثبت الجناح الآخر فى الجانب وهذه الأشرطة تصنع من النحاس الأصفر أو المؤكسد وتثقب على مسافات منتظمة بثقوب مخوشة للربط والتجميع بواسطة المسامير .

وتوضح الأشكال: (٣-١-١) ، (٣-١-٢) ، (٣-١-٣) لأنواع المفصلات .

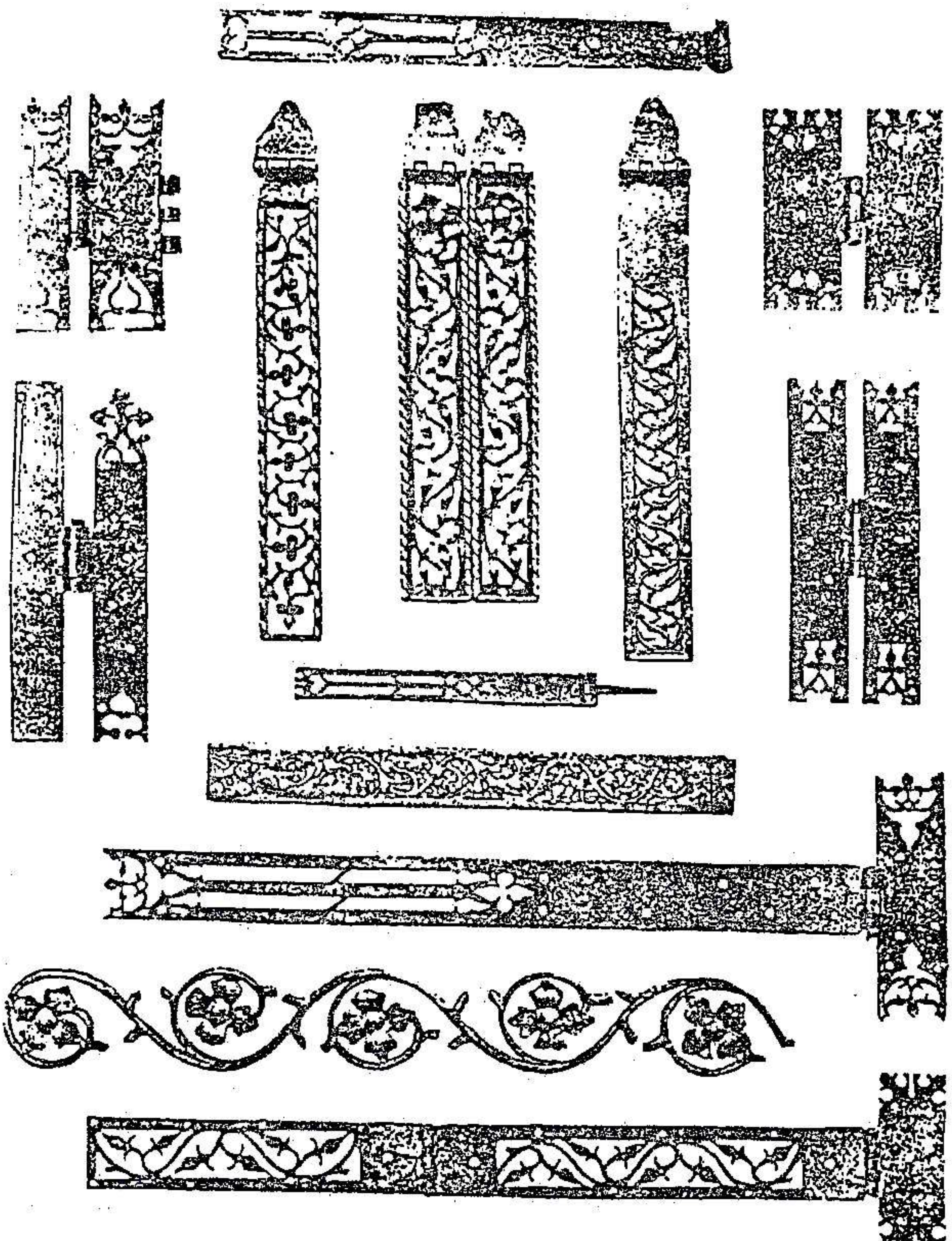


شكل(٣-١-١) يبين بعض أنواع المفصلات

بعض المفصلات



شكل(٣-١-٢)



شكل(٣-١-٣)

تصميم مكملات مباني ـ مفصلات بجناح

الحديد المطروق من القرنين الخامس والسادس عشر٣

٢- العقب:

وهو نوع آخر من المفصليات يستعمل كبديل للمفصلات العادية فى الدلف بأنواعها ويمتاز بإمكانية وسهولة فك الدلف وإعادة تركيبها .ويوجد منه عدة أنواع تناسب مختلف الإستعمالات أهمها :

١- العقب بركبةعدلة . ٢- العقب بركبة مائلة . ٣- العقب بجرار . ٤- العقب الجرار .

١- العقب العدل :

ويستعمل فى تحريك الباب ويعمل بالضغط وأيضاً فى تحريك دلف الاثاث بأغلب نوعياته . ويتركب عموماً من قطعتين عبارة عن خوصتين صغيرتين إحداهما ذات محور بارز والأخرى ذات ثقب يقابل هذا المحور ثم ثقوب للتثبيت بالمسامير فى كل منهما .

ويركب العقب أعلى وأسفل سمك الدلف . ويجب عند تركيبه حساب حركة دوران المحور لتفتح الدلفة بسهولة . وهو على مقاسات مختلفة تناسب جميع أحجام المشغولات المعدنية .

٢-العقب بركبة عدلة :

ويستعمل فى تحريك الباب ويعمل بالضغط وفى الدلف المستوية مع سطح العلبة من الخارج و يركب فى المشغولة بحيث تكون الركبة بارزة إلى الخارج ويسمح بإمكانية تحريك الدلف والأبواب وفتحها فى مجال ١٨٠درجة .

٣- العقب بركبة مائلة :

ويستعمل فى الدلف المستوية مع سطح العلبة من الخارج وتكون الركبة أيضاً بارزة إلى خارج قطعة المشغولة ويسمح بالحركة فى مجال ١٨٠ درجة أوأكثر كما يستخدم أيضاً فى دلف السكرتيرة .

٤- العقب الجرار :

يستعمل فى علب التليفزيون التى تفتح إلى أعلى أو أسفل وُتدفع إلى الداخل لتختفى وكذلك فى الدلف الرأسية فى الدواليب التى يمكن فتحها ودفعها إلى داخل الجنب ، وفى هذه الحالة يعمل للمشغولة عدد٢جانب بينهما فراغ تدخل فيه الدلفة .

وهوعبارة عن نوع من العقب العدل إلا أنه يخدش ثقب المحور لإمكانية تحريك الدليك ودفعه إلى الداخل فينزلق على إمتداد مجرى على شكل حرفU من الألومنيوم مثبتة فى القاع والسقف بالنسبة للدلف الرأسية أوفى الجانبين من أعلا فى حالة الدلف الأفقية التى تفتح لأعلى أوفى الجانبين من أسفل فى حالة الدلف الأفقية التى تفتح لأسفل مثل دلف التليفزيون أو دلف السكرتيرة .

شكل (٣-١-١)يوضح أنواع العقب المستخدم بديلاً للمفصلات بالمشغولات المعدنية .

٣- السباليونات :

تستعمل السباليونة فى الشبابيك وأبواب البلكونات وفى دلف الدواليب وهى عبارة عن مقبض متحرك على محور يثبت فى الدلفة ويحرك هذا المقبض قطاع دائرى من الحديد إلى أعلى وأسفل يتحركان على دليل يثبت على مسافات بطول الدلفة ويثبت طرفى القطاع الدائرى فى دليلين آخرين يثبتان فى الاطار من أعلى وأسفل عند الغلق. كما فى شكل (٣-١-٤)

٤- الترابيس:

تستعمل الترابيس لغلق الأبواب والشبابيك للتأمين عليها كما تستعمل لغلق دلف المشغولات المعدنية من الدخل مثل الدواليب ذات الدلفتين لإمكانية غلقهما معاً بالكالون وذلك فى حالة عدم استخدام السباليونة وأنف الدلف المعشق (ذكر وأنثى) أوذو الصداد . وفى هذه الحالة تغلق إحدى الدلف بالترابيس من أعلى وأسفل من الداخل ثم تغلق عليها الدلفة الأخرى بالكالون . تصنع الترابيس من الحديد أو النحاس أو البرونز ، وهى ذات أحجام وأنواع متعددة منها :

١- الترابيس اللطش :

ويركب على السطح الداخلى للأبواب والشبابيك والدلف ، وهو عبارة عن فرش يثبت بالدلفة ويتحرك عليه لسان بدليل فى مجرى بدليل آخر (أفيز) فى الدلفة الأخرى أو فى الاطار ،ويمكن عمل ثقب (بدلاً من الدليل الآخر) يقابل هذا اللسان وذلك فى كلاً من قاع وسقف الدلفة .

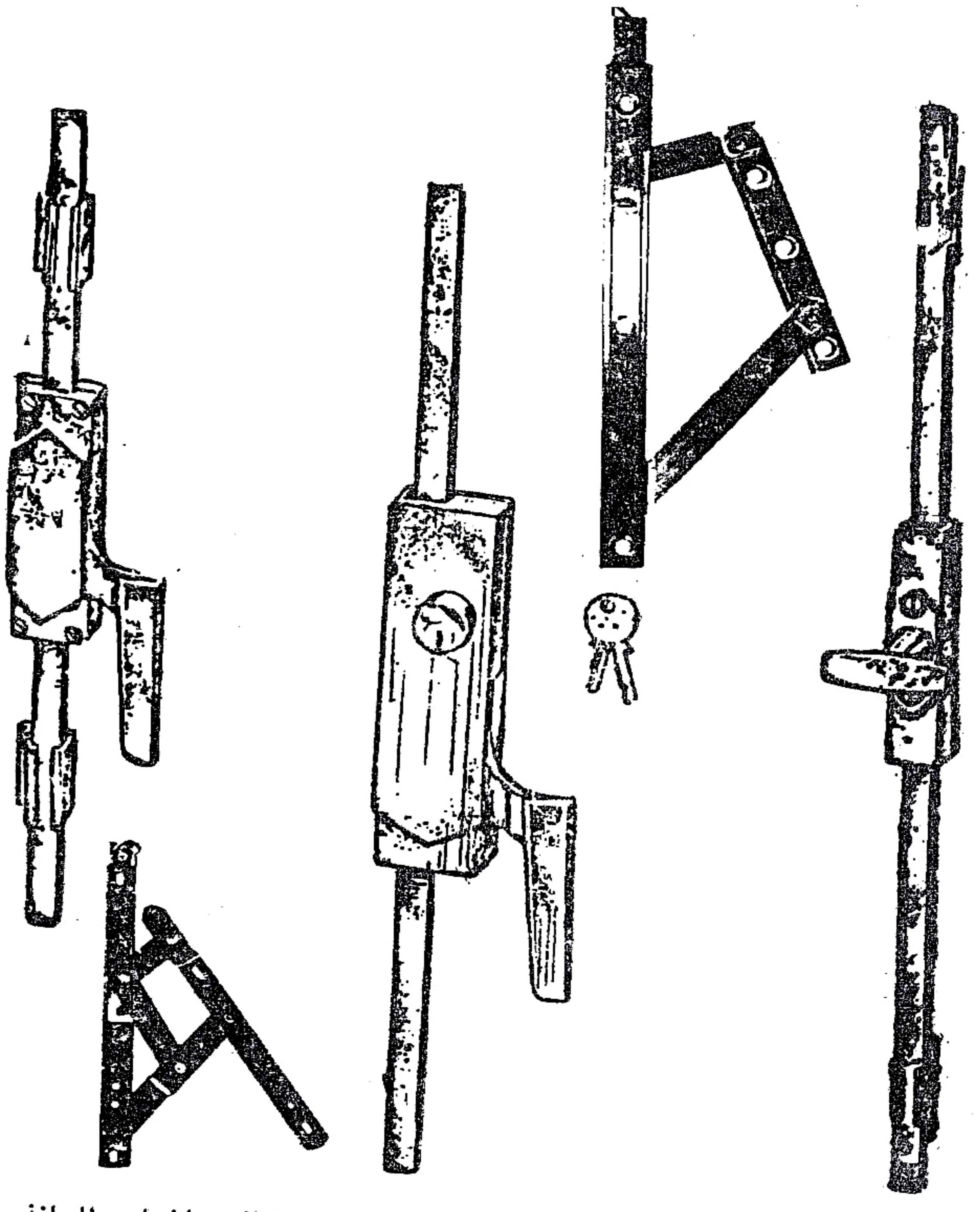
٢-الترباس داخل الإسطامة :

وتعمل له مثقابية فى تخانة الدلفة يبيت داخلها ويعمل له أيضاً ثقب مقابل اللسان فى الحلق أوفى كلاً من القاع والسقف .

٣- الترباس ذوالزنبرك :

ويستعمل فى شبابيك الكريتال وفى الشراعات .

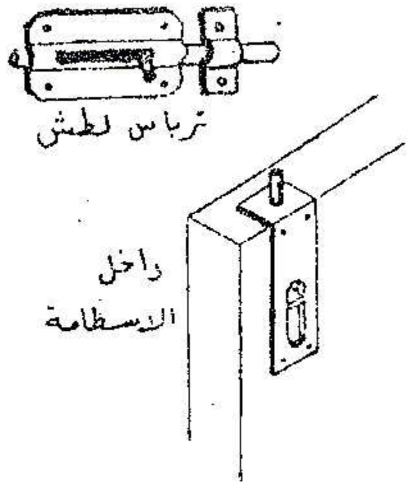
شكل (٣-١-٥) يوضح لهذه الأنواع من الترابيس

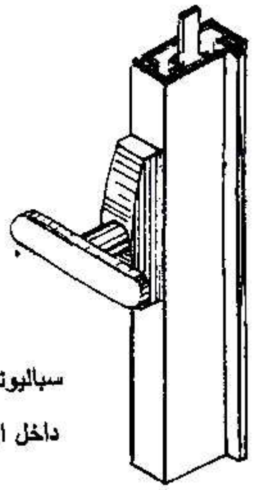


سباليونة للفتح الجماعى للنوافذ
الالومنيوم

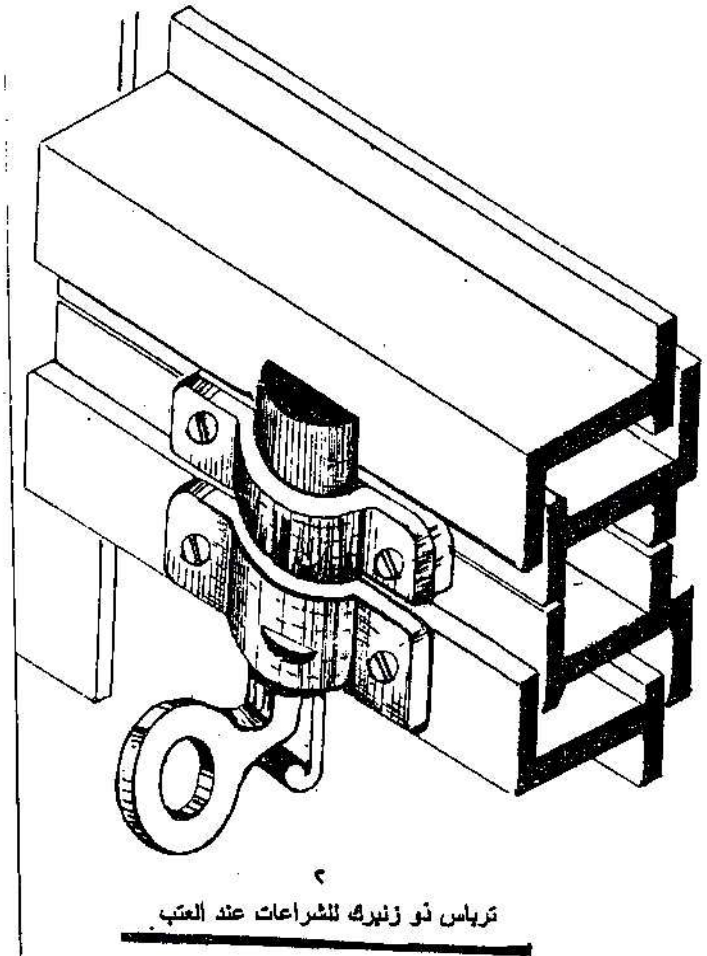
سباليونات الأبواب والشبابيك

شكل (٣ – ١ – ٤)





سبالبونة أسياخ
داخل الأسطامة



٢
ترباس ذو زنبرك للشراعات عند العتب

شكل (٣ – ١ – ٥)

٥- السكاكات :

السكاك عبارة عن مقبض ولسان يتحرك على محور ويثبت فى الدلفة المتحركة ويبيت اللسان فى الاطار الثابت . ويستعمل فى غلق الدلف من الحديد الكريتال .
أنواع السكاكات مع حديد الكريتال :

ا- سكاك بمقبض فى أنف الدلفة :

وهو سكاك ذو حركتين بمشقابية مفتوحة من أعلى فيه الجزء (أ) مثبت مع الشفة من الخلف والجزء (ب) مثبت مع الروح . والتثبيت لكل منهما بمسامير القلاووظ .

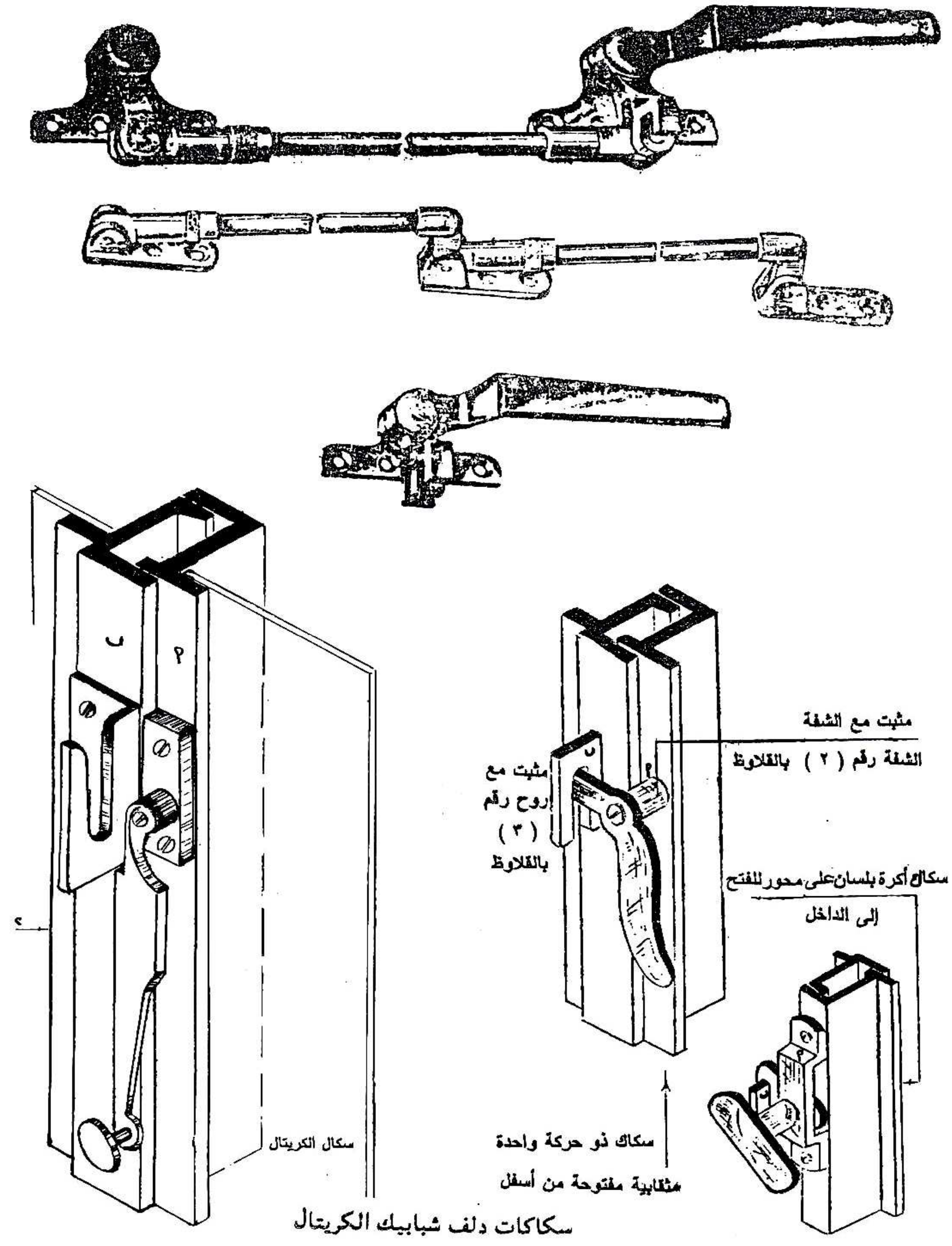
٢- سكاك بذراع فى أنف الدلفة :

وهوسكاك ذو حركة واحدة بمشقابية مفتوحة من أعلى فيه الجزء (أ ، ب) مثبت مع الشفة بالقلاووظ .

٣- سكاك عادى بحركة واحدة ومشقابية إلى أسفل:

وهوسكاك ذوحركة بمشقابية مفتوحة من أسفل فيه الجزء (أ) مثبت مع الشفة من الخلف والجزء (ب) مثبت مع الروح والتثبيت لكل منهما بمسامير القلاووظ .

وشكل(٣-١-٦) يوضح لهذه لأنواع من السكاكات



شكل (٣ – ١ – ٦)

٦- الكوالين :

تستعمل الكوالين لغلق الأبواب والدلف والأدراج والعلب والصناديق والخزائن لحفظ وسلامة المحتويات ومنها أنواع كثيرة أهمها:

١- كالون لطش :

ويستعمل فى الدلف الصغيرة وأدراج المكاتب . وهوأبسط أنواع الكوالين ويركب فوق سمك الدلف أو وجه الدرج من الداخل ويثبت بمساميرالقلاووظ أو بمسامير سن صاج وقد يكون فى وضع رأس أو أفقى حسب مقتضيات عملية التسكيك .
ويعمل له ثقب ينفذ منه المفتاح من الخارج بغطاء صغير يسمى (وجه المفتاح) يصنع من المعادن الرقيقة أومن خامات أخرى ويكون أحياناً مزخرفاً .

٢- كالون داخل الإسطامة :

ويستعمل للدلف والأدراج ويركب فى داخل سمك الدلفة أووجه الدرج ويثبت هذا النوع من الكوالين بعمل مشقابية فى تخانة الدلف (الإسطامة) لتركيب الكالون داخلها وتثبيته بالربط بمسامير القلاووظ والصواميل أوبمسمار سن صاج ، كما تعمل مشقابية أخرى مستطيلة الشكل فى الجهة المقابلة له من الحلق ينفذ منها لسان الكالون .
وكذلك بالنسبة للأدراج حيث يبيت فى تخانة وجه الدرج وتعمل مشقابية مقابلة له من أعلى لسان الكالون . كما يعمل ثقب للمفتاح يغطى بالوجه .

٣- كالون داخل الإسطامة ذو شوك :

ويستعمل هذا النوع من الكوالين فى الدلف المنزلقة والدلف الحصيرة والدلف المطوية (أوكورديون) والعلب والصناديق . ويختلف هذا النوع عن الكالون العادى فى أن لسانه به شوكتين بارزتين من جانبيه تنضغطان للداخل بواسطة سوستة .

ويعمل له مشقابية للسان فى الجهة المقابلة من الاطار ويثبت بواسطة مساميرالقلاووظ والصواميل أو بمسامير سن صاج برأس تخويش .

٤- كالون سباليونة :

وكثر إستخدامه فى دلف الدواليب حيث يتم الغلق بالسباليونة من أعلى وأسفل مما يضمن عدم إنفتال الدلف ومتانة غلقها وتصنع السباليونة من الحديد المبروم أو المربع ويعمل لها دليل (أفيز) من أعلى ومن أسفل وثقب يقابل كل من طرفيها ينفذ منه السيخ عند الغلق . وتركب هذه الكوالين(لطش) داخل الدلفة أو بين سمك الدلفة والبطانة كما يعمل لها ثقب نافذ للمفتاح .

٥-كالون يال :

ويسمى كالون (سلندر) أى اسطوانى الشكل ويستعمل فى أدراج المكاتب والمكتبات ودلف الدواليب وهو من النوع المُؤمن الذى لايسهل فتحه بمفاتيح أخرى أومقلدة. ويوجدمنه نوع أيضاً بسباليونة (سلندر سباليونة) يستعمل لدلف الدواليب . كمايوجد نوع آخر منه ذو شوك للدلف المنزلقة والحصيرة والدلف المطوية والصناديق .

ويتم تركيب هذا النوع (لطش) مع عمل ثقب فى سمك الدلفة أو وجه الدرج يسمح بمرور الإسطوانة التى تحتوى على فتحة المفتاح للخارج كما تعمل مشقابية للسان الكالون فى الجهة المقابلة له من الحلق .

الأشكال (٣-١-٧) ، (٣-١-٨) ، (٣-١-٩) ، (٣-١-١٠) توضح لأنواع الكوالين المختلفة .

٧-المقابض :

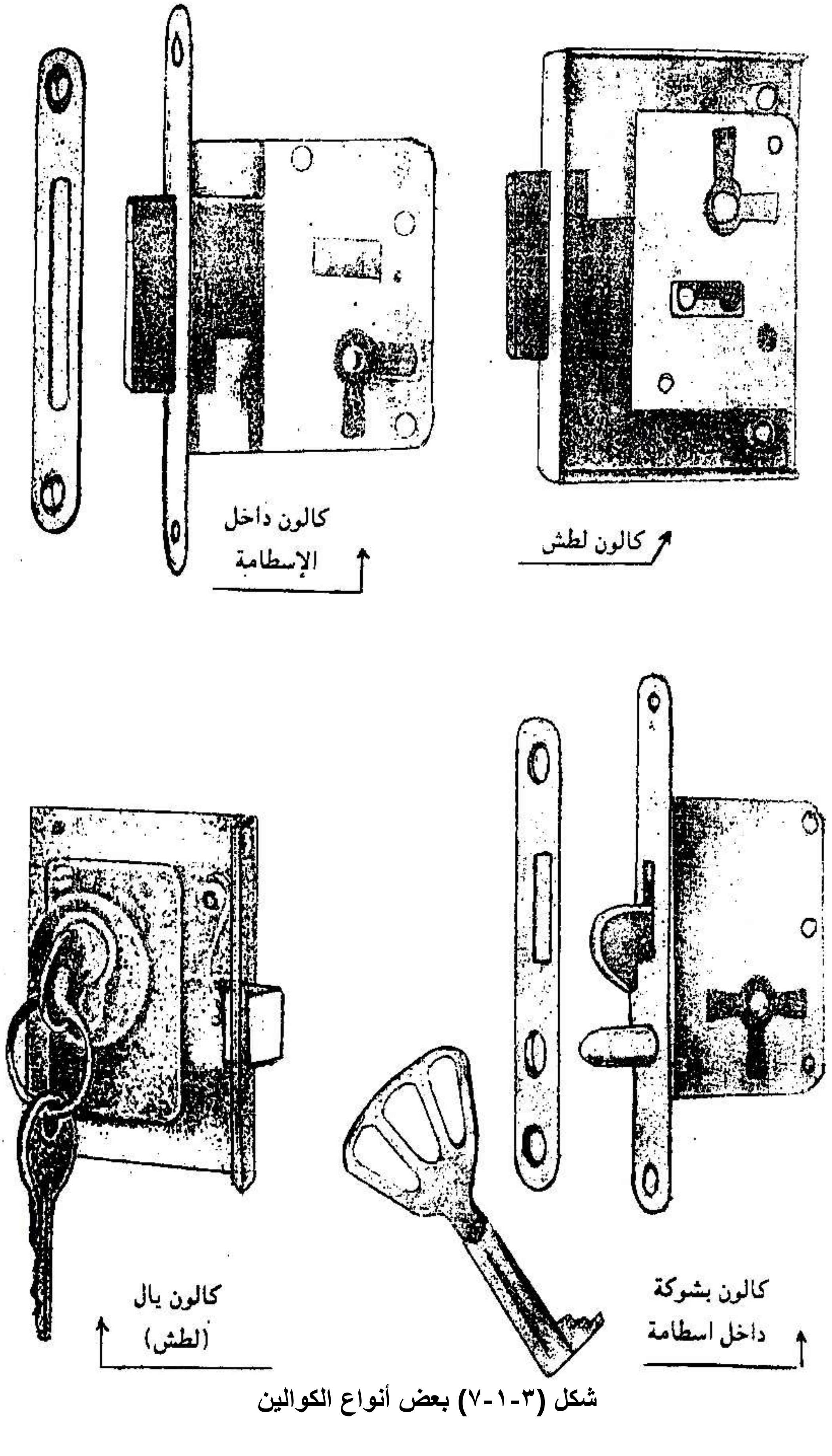
تطور تصميم المقابض على مر العصورالتاريخية بشكل مجسم يختلف بحسب طبيعة إستعمالاتها وإن كان الغرض الأساسى من إستخدامها هو سحب وفتح الأبوب والشبابيك والدلف والأدراج المعدنية وبأشكال مختلفة مثل الدلايات والأزرار والأشكال الهندسية : (المستطيل – المربع – الدائرى) وبأشكال أخرى منتظمة وغيرمنتظمة ، مزخرفة بزخارف : (هندسية – نباتية – حيوانية) ، أوغيرمزخرفة وبألوان جذابة ، ويتم تركيبها بواسطة مسامير القلاووظ والصواميل .

وتصنع هذه المقابض من خامات معدنية مختلفة من الحديد أوالنحاس أوالألومنيوم أوبرونزية أوخامات أخرى غيرمعدنية من البلاستيك أواللدائن بأشكال وأحجام مختلفة .

ومن أنواع هذه المقابض مايركب منها على السطح ويسمى (لطش) وذلك فى أغلب الأحوال فتضفى على المشغولة جمالاً ورونقاً ، ومنها المقابض ذات الكالون التى تركب لبعض المشغولات المعدنية مثل الدواليب ويركب معها سباليونة من الداخل أو لسان أو كليهما أحياناً للتسكيك .

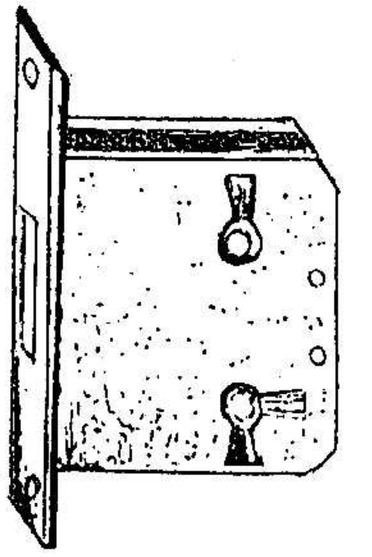
كما يوجد أنواع من المقابض خاصة بالدلف المنزلقة تركب غاطسة فى تجويف بالدلفة المعدنية وأحياناً يعمل التجويف بنفس الدلفة ليكون بمثابة المقبض أما فى الدلف الزجاجية المنزلقة فيعمل بها أيضاً تجويف فى نفس الزجاج أويركب مقبض خارجى .

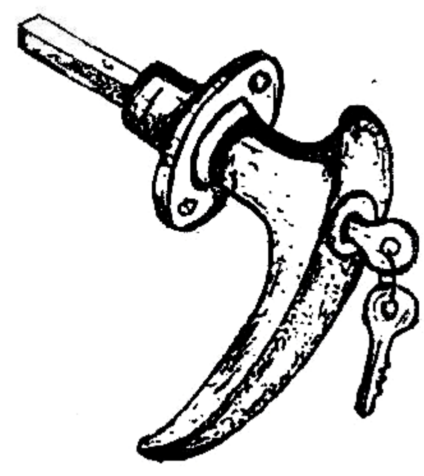
والأشكال من (٣-١-١١ :٣-١-١٣) توضح لأنواع وأشكال المقابض المختلفة مابين تاريخية وحديثة .



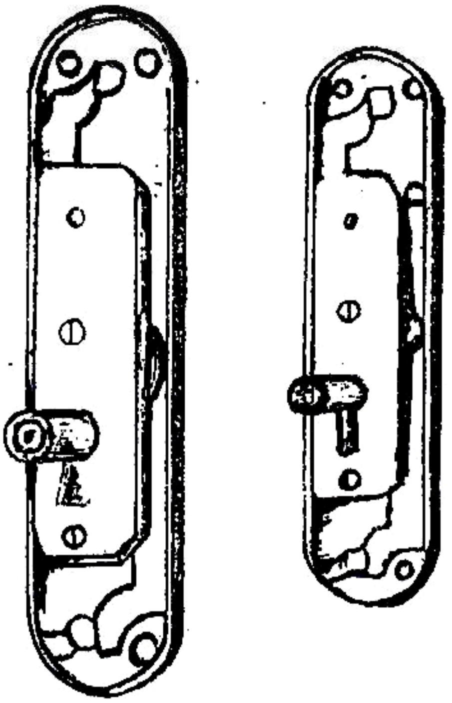
شكل (٣-١-٧) بعض أنواع الكوالين

كالون داخل
الإسطامة
بأحجام مختلفة



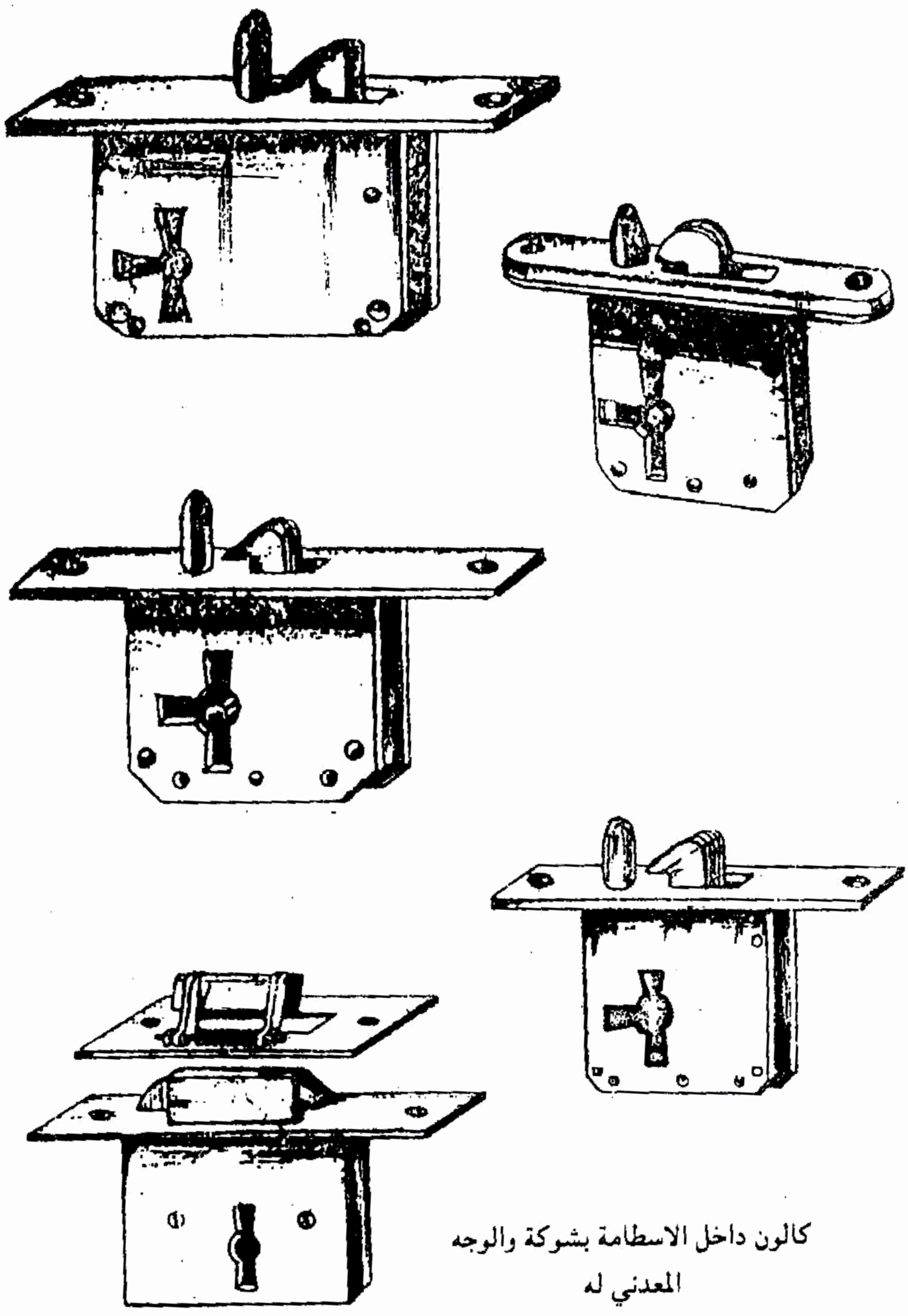


كالون بمقبض

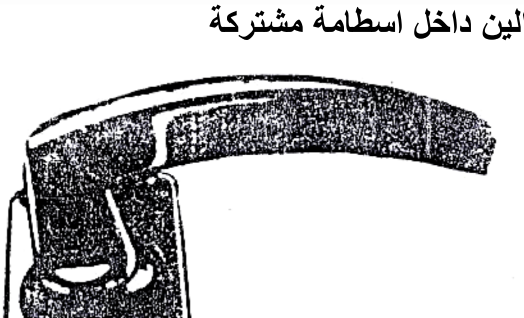


كالون سباليونة

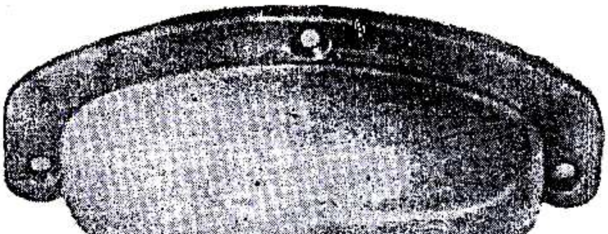
شكل (٣-١-٨) بعض أنواع الكوالين



شكل (٣-١-٩) بعض أنواع الكوالين داخل اسطامة مشتركة

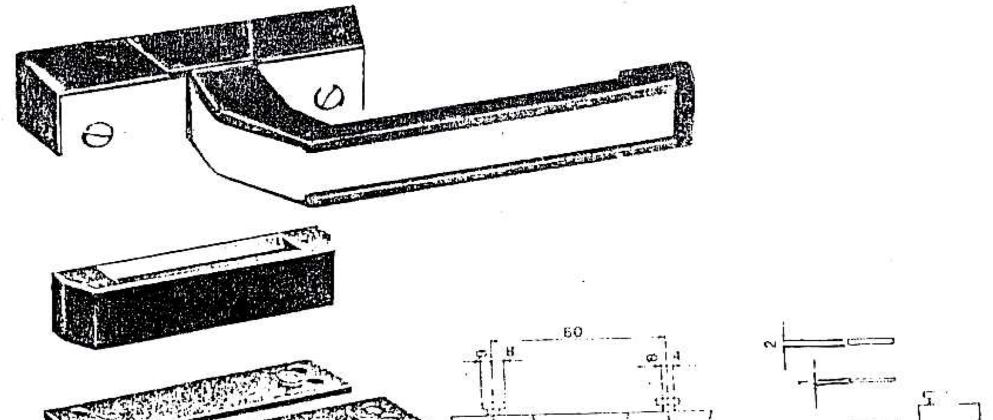


شكل (٣-١-١٠) كالون للأبواب الألومنيوم



شكل (٣-١-١١)

شكل (٣-١-١٢)
تصميم مكملات مباني ـ مقارع أبواب مختلفة
الأغراض وهي من الحديد المطروق



تستعمل الكعوب كمكملات للمشغولات المعدنية ، حيث يتم تركيبها فى الأماكن التى تتعرض للإحتكاكات كنهايات الأرجل فى الأثاثات المعدنية ، ونهايات حوامل العرض كحماية للمنتج من التآكل وأيضاً حماية للأرضيات من إحتكاكات المعدن بها ، وكذلك تُركب فى أيدى المشغولات المعدنية كحماية للمُستَعمِل .

وتطورت صناعة الكعوب حديثاً فتعددت أشكالها والوانها المختلفة وأصبحت ذات مظهر جمالى جذاب ، وتصنع من خامات معدنية مختلفة كالنحاس ، وابرونز ، والألومنيوم ، والمطاط (الكاوتشوك) ، وبمقاسات متعددة ،وُتثبت فى المنتج إما بالكبس أو بواسطة مسامير القلاووظ .

ومن أنواع الكعوب ماهومسلوب (مخروطى أو هرمى) أومنشورى عدل ، ومنها ذوالبلية وذلك لتسهيل الحركة والإنزلاق .

والأشكال (٣-١-١٤، ١٥ ،١٦) توضح لأنواع الكعوب المختلفة وطرق تركيبها بالمشغولات المعدنية .

٩-مجارى الإنزلاق:

تُصنع مجارى الإنزلاق بأشكال وأنواع ومقاسات مختلفة وتستعمل لعدة أغراض وتسمح بانزلاق وتحريك الأبواب والشبابيك والدلف المعدنية عليها لتُكسبها صفة (المنزلقة) ٠

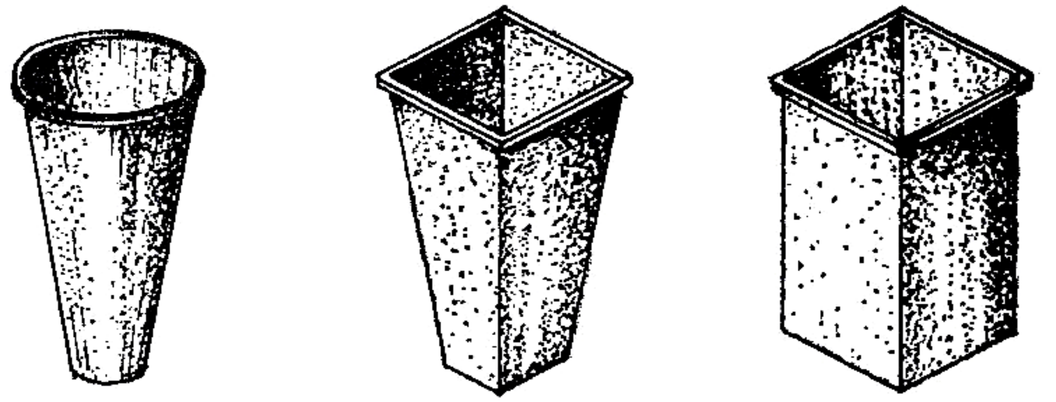
فمنها ماهو على شكل حر ف(I-I) مفرد وهى عبارة عن مجرى مفردة وتستعمل فى تحريك الدلف المنزلقة بواسطة الجراية ذات العجلة النحاس أوالدلف المطوية . ومنها المجرة المزدوجة (I-I-I) وهى بمقاسات مختلفة وتستعمل فى الدلف الزجاجية الجرارة ، ومنها مجارى على شكل حرف (T) أوعلى شكل زاوية(L) . كما توجد مجارى إنزلاق خاصة بقطاعات الألومنيوم المستخدمة فى تصنيع الشبابيك والأبواب .

وتصنع مجارى الإنزلاق من الحديد أو الألومنيوم أوالبلاستيك لتناسب النوعية المستخدمة فيها .

وتستعمل هذه المجارى أوالقضبان كوسيلة لتحريك الدلف المنزلقة سواء المعدنية منها أو الزجاجية كل حسب ماياسبه سواء بواسطة عجل الإنزلاق أو بدونه .

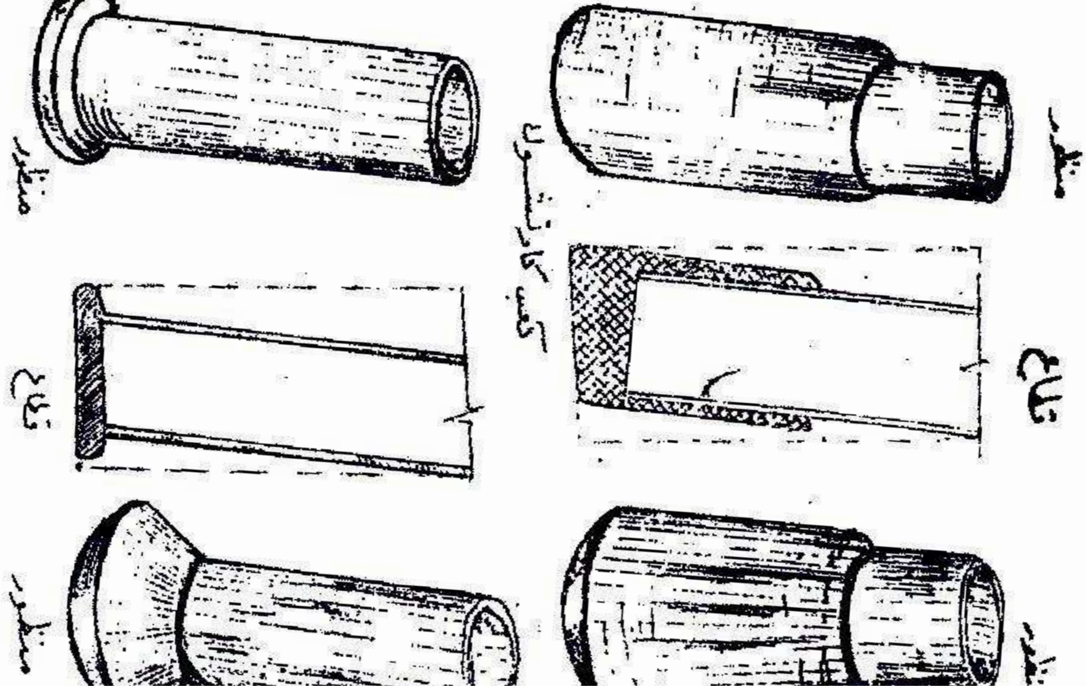
وشكل (٣-١-١٧) يوضح الأشكال المختلفة لمجارى أنزلاق .

الكعوب

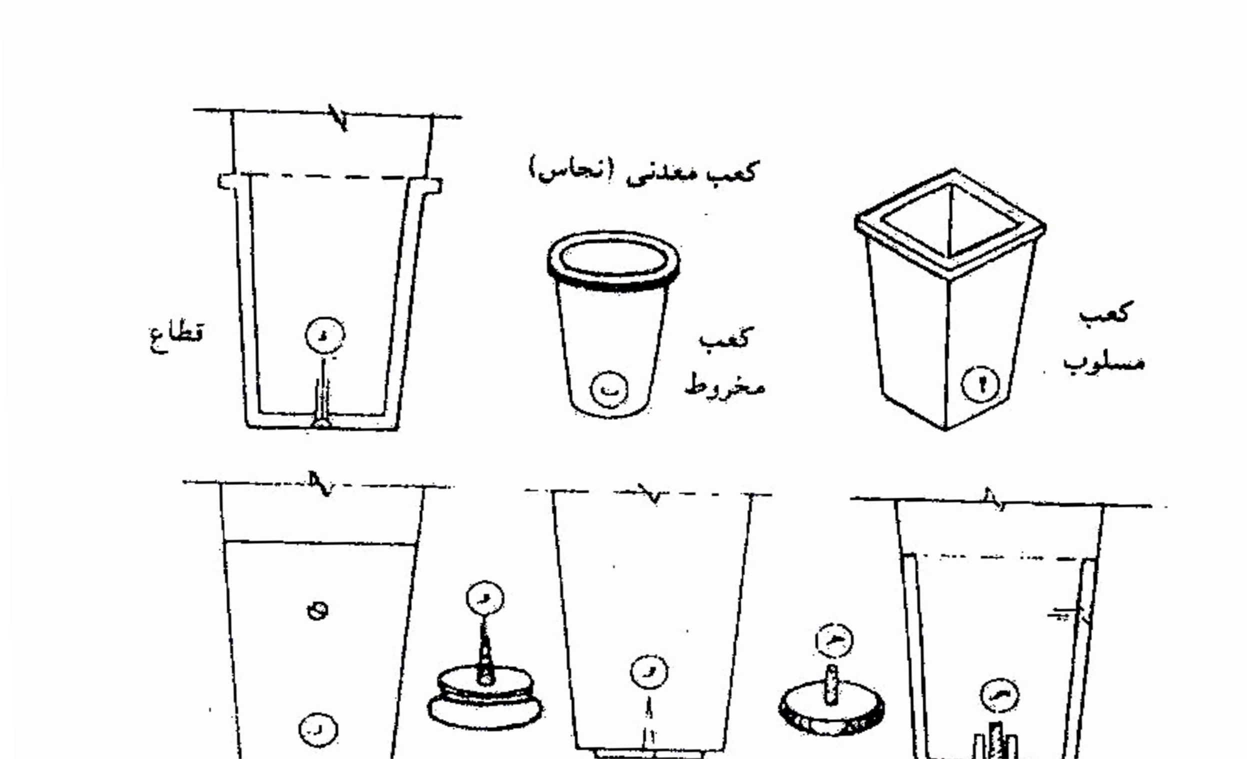


كعوب معدنية

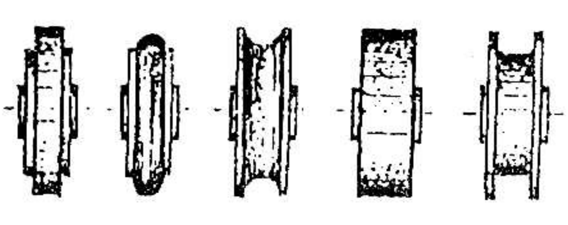
شكل (٣-١-١٤) بعض أنواع الكعوب



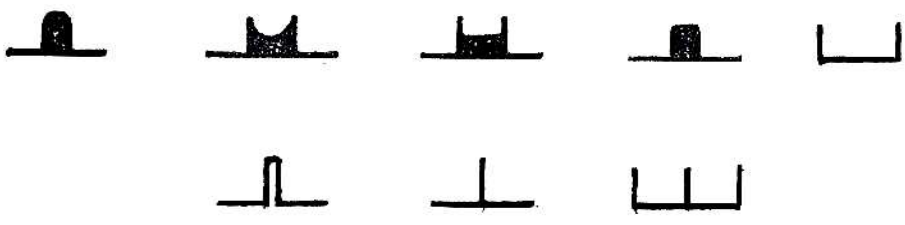
شكل (٣-١-١٥) بعض الأنواع الآخري من الكعوب



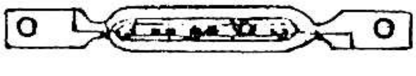
شكل (٣-١-١٦) بعض الأنواع الآخري من الكعوب



أنواع من العجلات



أنواع من مجارى الانزلاق



شكل (٣-١-١٧) بعض الأنواع المختلفة من العجلات

١٠- صناعة الخردوات بواسطة القوالب المعدنية (الإسطمبات) :

تُصنع الخردوات المعدنية بطرق تشكيل مختلفة ، منها ماهو بطريقة الضغط بالمكابس ، ومنها التشكيل بالسباكة . وتعتبر طريقة التشكيل بواسطة القوالب المعدنية (الإسطمبات) من أكثرالطرق إنتشاراً فى المسابك الآلية على نطاق واسع لسباكة الحديد الزهر والصلب الطرى ، والسبائك الغير حديدية ، وُتصنع غالبية القوالب المعدنية من الحديد الزهر بحيث يكون سمك جدار القالب من ٢٠مم إلى ٣٠مم .

والشكل (٣-١-١٨) يبين لنا طريقة تشكيل مشغولة بواسطة قالب معدنى

ويتضح من الرسم أجزاء القالب كمايلى:-

١- الجزء العلوى من القالب .

٢- المعدن المنصهر .
٣- الجزء السفلى من القالب .
٤- المشغولة .
٥- كباس لإخراج المشغولة .
٦- بودقة التزويد بالمعدن المنصهر .

وتتم عملية التشغيل على المراحل التالية:-

المرحلة الأولى:

عملية صب المعدن المنصهر داخل جزء القالب السفلى أثناء فتح جزء القالب العلوى.

المرحلة الثانية :

دفع الجزء العلوى من القالب إلى أسفل حتى ينطبق على الجزء السفلى ويتم تشكيل المعدن حسب الفراغ بين الجزئين والإنتظار حتى يتم التبريد الموضعى للمشغولة .

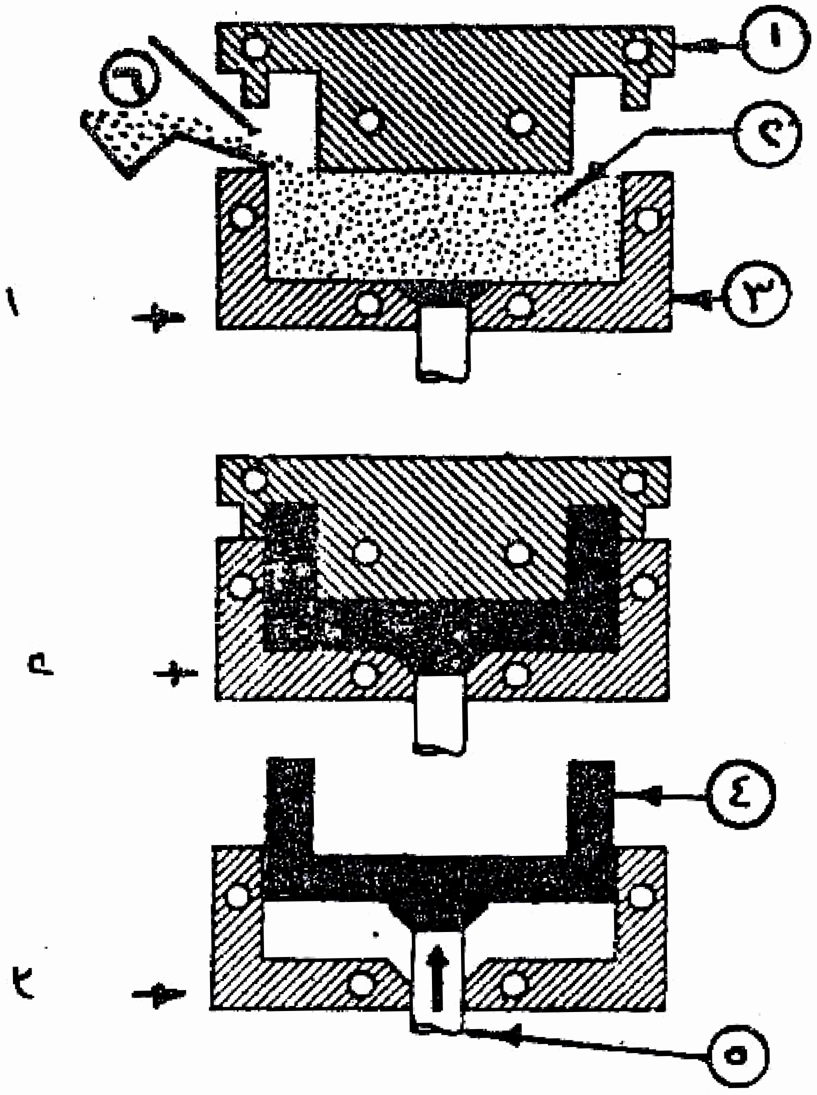
المرحلة الثالثة:

تحرك الجزء العلوى للقالب لأعلى ودفع كباس إخراج المشغولة لأعلى لإخراج المشغولة .

المرحلة الرابعة: تنظيف المشغولة من الزوائد .

وتتميز المشغولات المصنعة بهذه الطريقة بمايلى:

١- الخواص الميكانيكية المرتفعة وذلك بعد إجراء عمليات التخمير المناسبة .
٢- نعومة أسطح المشغولات ودقتها العالية وعدم حاجاتها إلى عمليات تشطيب .
٣- متانة المشغولات وجودة ومرونة الأسطح الخارجية للمشغولات .
٤- يمكن الحصول على مشغولات صغيرة الحجم ورقيقة الجدران .
٥- يمكن التحكم فى معدلات التبريد بالأماكن المختلفة من جسم المشغولة بواسطة قوالب معدنية ذات تبريد إجبارى أوتسخين موضعى كهربائى لمساواة درجة حرارة الأجزاءالمختلفة من القالب .



شكل (٣ – ١ – ١٨)

٣-٢ مشتركات المواسير (الوصلات)

عندما تستخدم المواسيرفى تنفيذ مشغولات معدنية أوفى الإنشاءات مثل الفواصل وغيرها . يتطلب الأمر لتجميعها وربطها ببعضها إستخدام بعض الوصلات المعدنية التى تساعد على تجميعها وتفرعها فى اتجاهات مختلفة .

وهذه الوصلات تعرف بالمشتركات ومنه الثنائية أو الثلاثية أو الرباعية التفرع وغير ذلك ، وتُصنع هذه الوصلات (المشتركات) بواسطة السباكة إما من الحديد أوالنحاس المطلى أو الألومنيوم بأحجام ومقاسات مختلفة تناسب المواسير المستخدمة وأنواع خاماتها. وتُجمع بواسطتها المواسير إما بطرق البرشمة أو باللحام أو بواسطة الربط بالقلاووظ فى الأجزاء المعرضة للفك والتركيب .

والأشكال الموضحة تمثل نماذج من هذه المشتركات والإتصالات المختلفة للمواسيرمنها :

١- وصلة طولية خارجية .

٢- وصلة طولية داخلية .

٣- وصلة عمودية ثابتة T بالقلاووظ .

٤- وصلة عمودية باللحام .

٥- وصلة عمودية T متحركة .

٦- وصلة عمودية T برمانة ثابتة .

شكل :(٣-٢- ١)

١- وصلة تقاطع منفصلة .

٢- وصلة توازى منفصلة .

٣- وصلة تقاطع متصلة رباعية .

٤- وصلة تقاطع متصلة سداسية .

شكل : (٣-٢-٢)

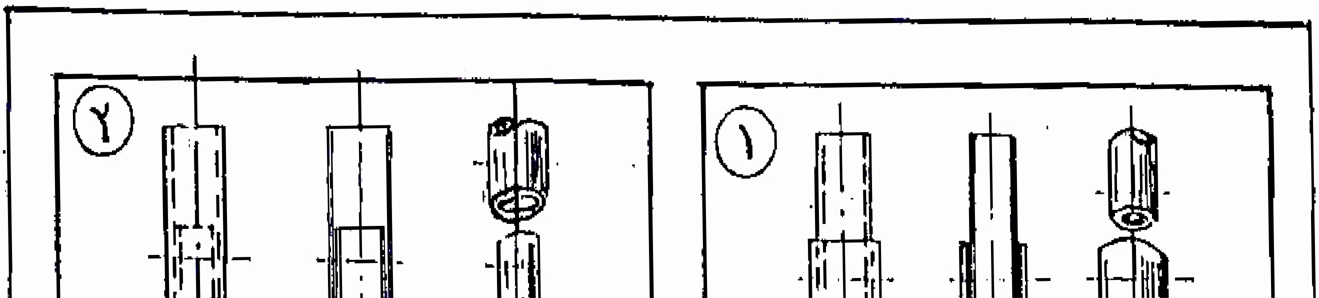
أ- كابولى بذراع مربع مستقيم مار به ماسورة أفقية .

ب- كابولى بذراع مار به ماسورة أفقية .

ج- كابولى بذراع ملفوف برمانة كروية مركب فيها ماسورة من نهايتها .

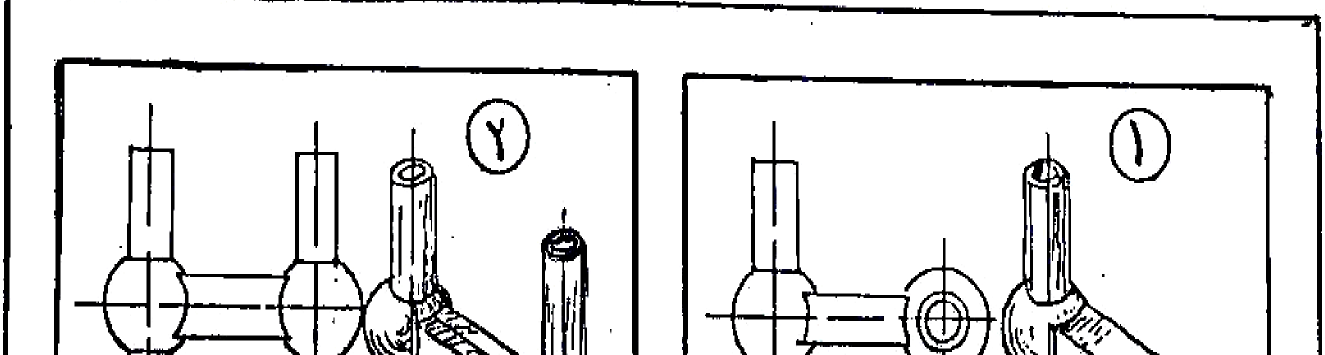
د – كابولى ناصية بأفيز خوصة ومركب فيه ماسورة رأسية .

شكل :(٣-٢-٣)



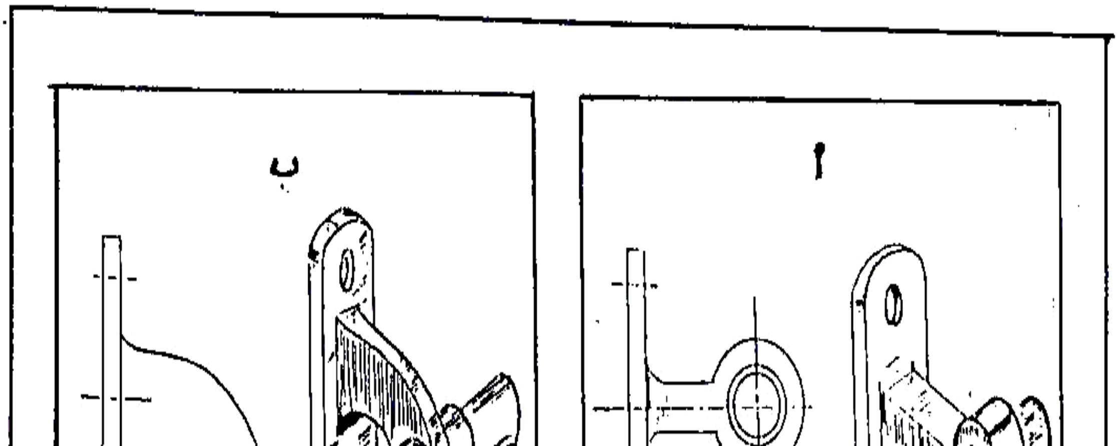
وصلات طولية ومتعامدة ثابتة ومتحركة

شكل (٣-٢-١)



شكل (٣-٢-٢)

وصلات توازى وتقاطع منفصلة ومتصلة ثنائية ورباعية وسداسية



شكل (٣ – ٢- ٣)

أنواع مختلفة من الكابولى ذو الذراع

أسئلة على الباب الثالث

١- تكلم عن أنواع المفصلات الشائعة الإستعمال فى تسكيك المشغولات المعدنية ؟
مع رسم اثنين منها .

٢- تكلم عن العقب وأنواعه ؟ وضح إجابتك بالرسم .

٣- تكلم عن كلاُ من : أ- السباليونات . ب- الترابيس . مع رسم واحد يوضح لكل منها

٤- تكلم عن أنواع السكاكات المستعملة فى تسكيك الدلف المصنوعة من الحديد الكريتال ؟

مع رسم توضيحى لإثنين منها .

٥- قارن بين الكالون اللطش والكالون داخل إسطامة ؟

٦- تكلم عن كلاً من:

الكالون يال _ الكالون بسباليونة _ الكالون داخل إسطامة ذو شوك ؟

٧- تكلم عن المقابض المستعملة مع المشغولات المعدنية ؟

٨- ارسم ثلاثة أنواع من الأزرار ؟

٩- تكلم عن الكعوب المختلفة وفائدة تركيبها بالمشغولات المعدنية ؟

مع رسم ثلاثة نماذج منها .

١٠- تكلم عن أنواع مجارى الإنزلاق المستخدمة مع الأبواب والشبابيك والدلف المعدنية ؟

مع رسم ثلاثة منها .

١١- تكلم عن كيفية صنع الخردوات بواسطة القوالب المعدنية (الإسطمبات) ؟

مع توضيح إجابتك بالرسم .

١٢- أذكر مميزات طريقة صنع الخردوات بواسطة القوالب المعدنية ؟

١٣- تكلم عن أنواع مشتركات المواسير ؟

مع رسم يوضح لكلاً منها .

١٤- قارن بين المفصلة القلابة والعقب مع رسم كلاً منهما ؟

١٥- قارن بين العقب العدل والعقب الجرار .

١٦- قارن بين المفصلة بقجة والمفصلة سكينة ؟

١٧- صف مفصلة زيتونية مع رسم توضيحى لها ؟

١٨- قارن بين الترباس اللطش والترباس داخل اسطامة ؟

الباب الرابع:

دراسة قطاعات الخامات المستعملة فى السوق المحلى ومواصفاتها:-

٤-١خامات الحديد (مربع - خوصة - زاوية- حرف: H-U-T)

- ألواح الصاج المستخدمة فى الأبواب.

٤-٢ النحاس(ألواح- أعواد) .

٤-٣ الألومنيوم(ألواح-قطاعات) .

<u>مقدمة:</u>

من أنواع المعرفة المختلفة التى نتعرض لها فى دراستنا لصناعة الحديد المشغول لايكفى أن نتعرف على العدد والماكينات التى تعين العامل على كيفية وحسن الأداء ، بل المهم أيضاً الحصول على المعلومات المتعلقة بالمعادن المختلفة التى نستعملها فى مجال صناعتنا من حيث تخانتها وأوزانها وخواصها الطبيعية وإستعمالاتها حتى يسهل التعامل معها من حيث تشكيلها وتحويلها إلى المنتجات والمشغولات المطلوبة فقديكون المنتج ذات مظهر جيد ، غيرأنه يصبح غير ذى قيمة من الوجهة العملية عندما يصنع من معدن لايناسب الوظيفة التى سوف يؤديها ، لذا سوف يتجه هذا الباب لدراسة المعلومات الصناعية عن الفلزات التى تصنع منها الأشكال والقطاعات والألواح من حيث مقاساتها وخصائصها وأوجه إستعمالاتها .

ورغماً عن أن الحديد والصلب هما أكثر المعادن إستعمالاً فى هذه الصناعة إلاأنه توجدأيضاً فلزات غير حديدية يتعامل معها الصانع أهمها الألومنيوم والنحاس بنوعيه الأحمر والأصفر والخارصين (الزنك) ، الرصاص ، القصدير كماتخلط هذه الفلزات ببعضها بنسب متفاوتة لكى تنتج العديد من السبائك ذات الخواص الهامة فى الصناعة.

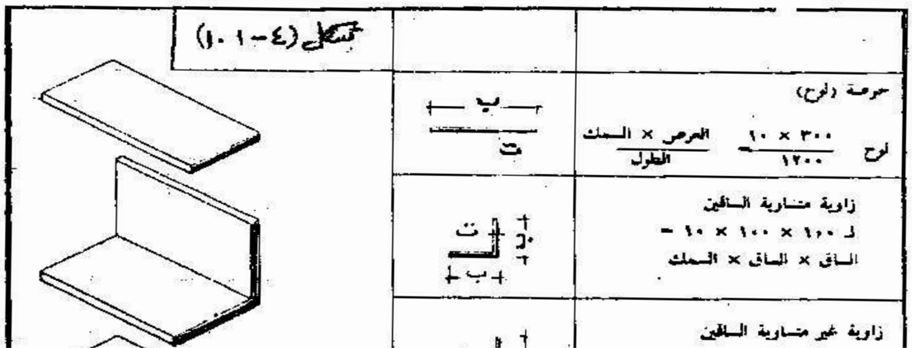
ـ وفى دراستنا التالية نوضح لبعض أشكال وقطاعات الخامات المستعملة فى صناعتنا والمتاحة بالاسواق .

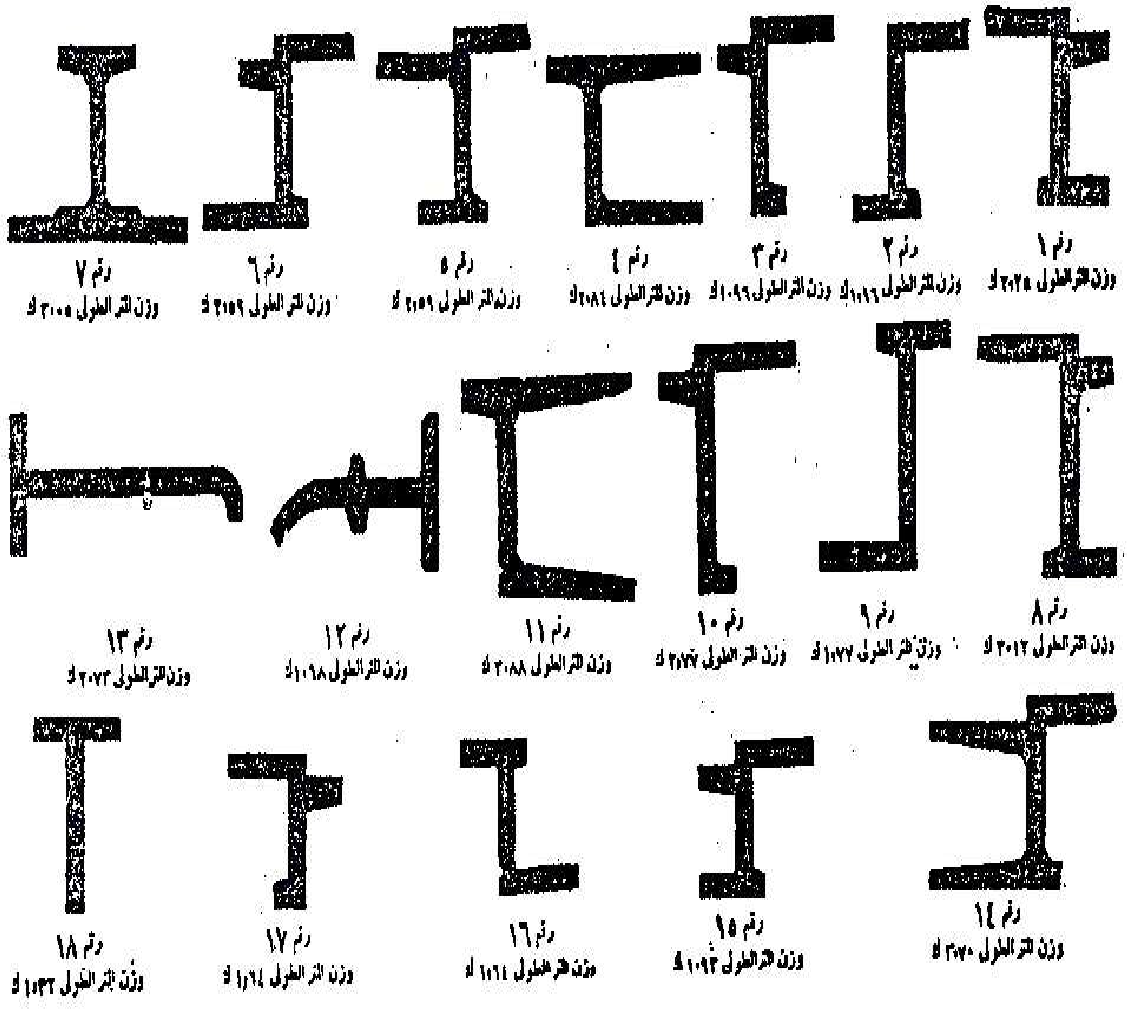
٤-١خامات الحديد (مربع- خوصة- زاوية- حرف:H , U , T)
وألواح الصاج المستخدمة فى الأبواب :-

خامات الحديد

تنقسم خامات الحديد إلى أقسام مختلفة حسب نوعية إستخد١مها منها قطاعات الحديد والصلب الشائعة كالأسياخ المبرومة والمربعة والخوص والزوايا والكمرات على إختلاف مقاطعها (H,U,T,...) والقضبان وقطاعات الكريتال والواح الصاج السميكة والرفيعة وغيرها والتنتستخدم فى الإنشاءات والإعمال الهندسية والمنتجات المعدنية المختلفة ، وتشكل اغلب هذه القطاعات بواسطة آلات الدرفلة المختلفة٠

وتتم هذه العملية بتشكيل القطاعات المعدنية على الساخن فى مراحل متتالية بإجراءات السحب المتدريج حتى النهاية، وتتبع هذه العملية بصفة عامة فى إنتاج المواسير الصلب بأشكالها المختلفة(المربع- المستطيل- الدئرى- البيضاوى) ومإلى ذلك وإن إختلفت المعدات وخطوات التشكيل بمايعرف بعملية البثق وتغير المقطع بواسطة دواليب السحب والدليك، كل ذلك على مدرجات تشكيل الأعواد المفرغة على مكابس الثنى الطولية أوالثنايات أودرافيل الحلية.





شكل (٤ ــ ١ ــ ٤) أشكال الكريتال والأوزان الخاصة بكل نوع

والشكل (٤-١-١) يوضح قطاعات كمرات الصلب المختلفة ، وشكل (٤-١-٢) يوضح لأشكال ألواح الصاج الرفيع والمموج والمفرغ ، والشكل (٤-١-٣) يوضح لأشكال أسياخ الصلب : (المبرومة- المربعة –ظهر الحية-الخوصة- المواسير) هناك وهناك أشكال أخرى تستخدم فى كثير من الصناعات المختلفة مثل الكريتال (بقطاعات مختلفة خاصة) .

أولاً :خامات الحديد(مربع- خوصة- زاوية –حرف:H,U,T) :-

تنتج مصانع الحديد والصلب قطاعات مختلفة فى الشكل مثل الكمرات والزوايا والمسدس والمثمن والمربع والملفوف والمبطط ......إلخ بأبعاد مختلفة تتفق وحاجة الصناعة وهذه الأبعاد تحددها المواصفات الهندسية المحلية والدولية وذلك توحيداً للإنتاج فى المصانع المختلفة .

ونظراً لتشعب الأحتياجات الإنشائية المختلفة بأبعاد تتفق وأوجه الإستعمال وتحملها للقوى المعرضة لها ، فإن هيئات التزحيد القياسى قد وضعت أبعاداً تحقق هذه الأهداف .

مثال ذلك:

ألمانيا والدول الأخرى التى تتبع نفس النظام، نجدأن هناك أبعاد عيارية عامة حددت تحت إسم (DIN) وأبعاداً أخرى ولنفس المقاس تحت إسم (DIE) وأبعاداًأخرى ثالثة لنفس القطاع تحت إسم (DIR) ، فإذا أخذنا مثال كمرة حرف (I) رقمها العيارى:١٠٠فإن أبعادها فى الحالات الثلاثة هى كالآتى: أنظرجدول رقم : (٤-١)

النوع	النظام	أبعاد الكمرة بالملليمتر				
		أ	ب	جـ	د	نق
الأول	DIN	١٠٠٠	٣٠٠	١٩	٣٦	٣٠
الثانى	DIE	٩٢٢	٢٩٨	١٧	٣٢	٣٠
الثالث	DIR	١٠٠٨	٣٠٢	١٩	٤٠	٣٠

جدول رقم : (٤-١)

ومن المقارنة السابقة يتضح أن:

النظام العيارى العام(الأول) يعطى أبعاداً للمقاس الشائع تداوله وإستعماله ، بينما النظام (الثانى) يعطى أبعاداً تقل قليلاً عما هو فى الأول والغرض من ذلك هو الإقتصاد فى الوزن ، والإقتصاد فى النكاليف دون أن يتعرض المنشأ لأى ضرر أثناء الأستعمال .

أما النظام الثالث فإنه يعطى أبعاداً تزيدعن الأول ، والغرض منه هو زيادة الامان عند إستعماله .أى أن لكل مجال إستعماله وإن كان الشائع فى القطاعات التى أبعادها تتبع النظام العيارى العام ويوجد بعض قطاعات خاصة تستعمل فى أشكال النجارة (شكل ٤-١-٤) يبين مجموعة منها تسمى فى السوق باسم الكريتال .

ثانياً:ألواح الصاج :-

تصنع كميات هائلة من الألواح المستعملة فى الصناعة من الحديد والصلب الذى يدرفل إلى ألواح بتخانات مختلفة ويسحب إلى أسلاك بأقطار متفاوتة ، وقد يدرفل الصلب على الساخن فتنتج ألواح تختلف فى صفاتها عن الألواح المدرفلة على البارد ٠ عملية الدرفلة على البارد تكسب الألواح صلادة واستواء فى السطح).

كما تغطى ألواح الحديد بطبقة من الخارصين (الزنك) المنصهر وتعرف فى هذه الحالة بالألواح المجلفنة نسبة إلى عملية الجلفنة التى تجرى عليها أوتطلى الألواح الرقيقة منها التى لاتتجاوز تخانتها ٠.٥ مم بطبقة من القصدير وتعرف تجارياً باسم (الصفيح) .

الصاج المستخدم فى تصنيع الأبواب :

تصنع الأبواب الصاج على نوعين :

١-أبواب صاج صرف مشكل بالثناية من إطار ودعائم وأسطح غير أن نظارة الباب يركب فيها باكتة من الخشب أوالألومنيوم أوالنحاس.

وتشكل بعض القطاعات المختلفة من الصاج وذلك لإستعمالها بدلاً من حديد الكريتال المستخدمة فى أشغال الحديد لعمل الشبابيك والأبواب كذلك بعض القطاعات لعمل الكوبستات.

ويوضح شكل (٤-١-٥) ، لهذه القطاعات ومقاساتها ووزن المتر الطولى لكل مقطع وأن جميع هذه القطاعات منفذة من صاج سمك١مم .

حيث أن هذه القطاعات من رقم (١:٦) ينفذ كل عود منها من قطعتين ومجمعة من الأطراف بالدسرة ثم اللحام وتستخدم هذه القطاعات على الوجه التالى:

ففى رقم : (١) يستخدم كإطار خارجى (حلق) .

وفى رقم: (٢) يستخدم دعائم للدلف .

وفى رقم: (٣) يستخدم كقائم للصداد .

وفى رقم: (٤) يستخدم كسؤاس(فاصل رأسى وأفقى).

وتشترك الأرقام من١:٤ فى العصب=٢.٥سم وتستخدم فى الشبابيك ذات الفتحات الصغيرة.

ففى رقم : (٥) تستخدم كإطار (حلق) .

وفى رقم : (٦) تستخدم دعائم للدلف.

وفى رقم : (٧) تستخدم كقائم للصداد.

وفى رقم : (٨) تستخدم كسؤاس (فاصل رأسى وأفقى).

وتشترك الأرقام من٥:٨ فى العصب=٣سم وتستخدم فى الشبابيك ذات الفتحات المتوسطة الحجم .

ففى رقم: (١٣) يستخدم كإطار (حلق) .

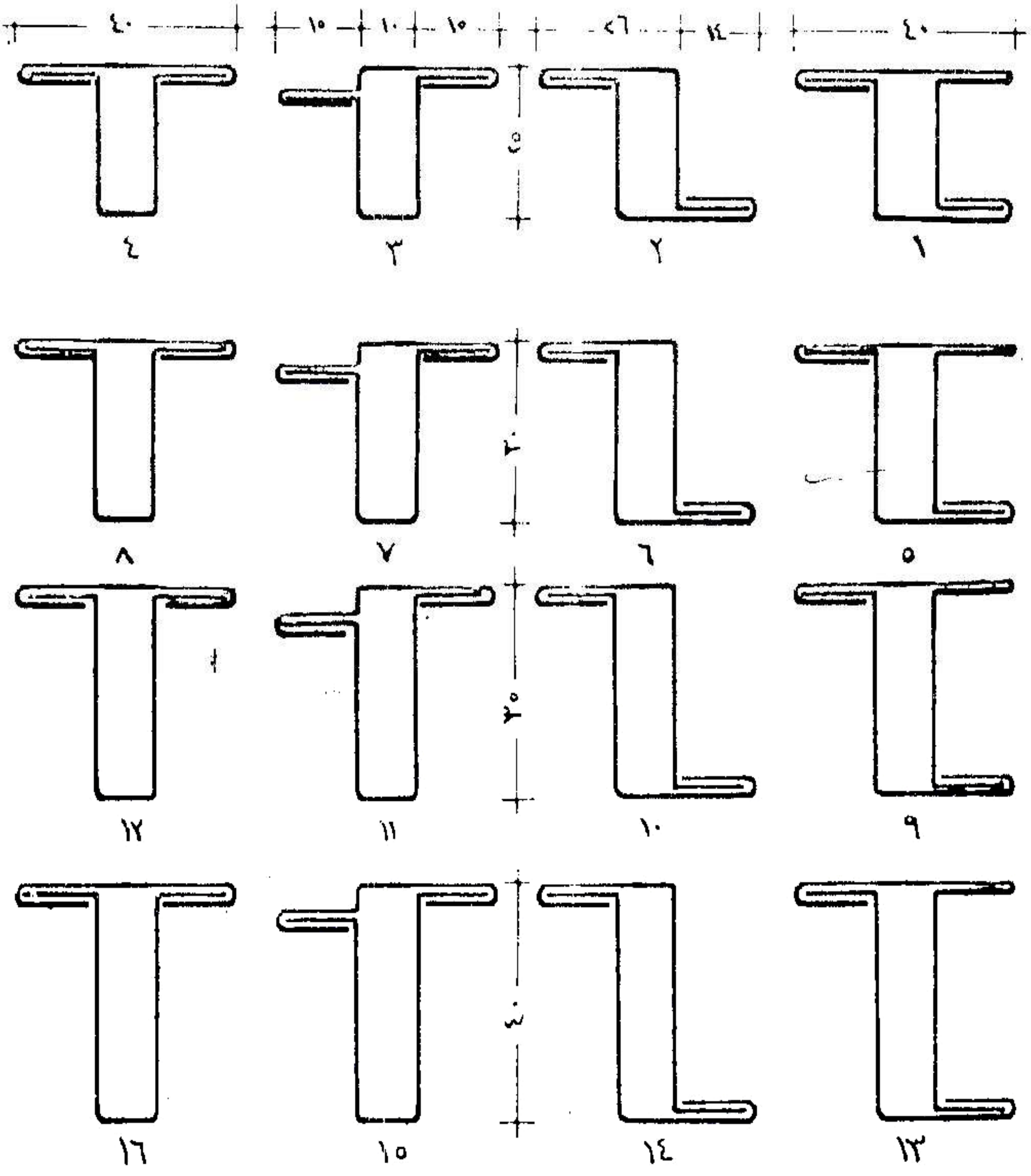
وفى رقم: (١٤) يستخدم دعائم للدف.

وفى رقم: (١٥) يستخدم كقائم للصداد.

وفى رقم: (١٦) يستخدم كسؤاس (فواصل رأسية وأفقية) .

وتشترك الأرقام من (١٣:١٦) فى العصب=٤سم وتستخدم فى الأبواب والشبابيك ذات الفتحات الكبيرة .

٢- أبواب من الصاج له دعائم من حديد (مربع أو U أوT أو L) ومصفح كله بالصاج أويعمل به فتحة تسمى نظارة يركب خلفها زجاج فقط أو زجاج وحشوة حديد زخرفية ، أما الاطار فمن خوصة أو حديد (T – L) ويراعى عموماً فى الأبواب خفة وزنها لسهولة حركتها والجداول من (٤-١٢ : ٤-١٣) تبين لأوزان ألواح الصلب بالكيلوجرام/م٢ بحسب سمك اللوح ومن (٤- ١٤ : ٤-٢١) أيضاً لأبعاد وأوزان بعض القطاعات المشكلة من الصاج للأغراض العامة .



مقطع رقم	١	٢	٣	٤	٥	٦	٧	٨	٩	١٠	١١	١٢	١٣	١٤	١٥	١٦
وزنه المتر الطولي بالكيلوجرام	١,٤٩	١,٢٥	١,٢٥	١,٢٥	١,٥٧	١,٢٢	١,٢٢	١,٢٢	١,٦٤	١,٤١	١,٤١	١,٤١	١,٧٢	١,٤٩	١,٤٩	١,٤٩

شكل (٤ – ١ – ٥)

وزن المتر المربع بالكجم طبقا لسمك الواح الصاج
(المسحوب على البارد أو المسحوب على الساخن)

السمك م	وزن المتر المربع كجم	السمك م	وزن المتر المربع كجم
٫٠٥	٫٣٩٢	٣٫٧٥	٢٩٫٤٤٠
٫١	٫٧٨٥	٤٫–	٣١٫٤٠٠
٫٢	١٫٥٧٠	٤٫٢٥	٣٣٫٣٦٠
٫٣	٢٫٣٣٥	٤٫٥٠	٣٥٫٣٢٥
٫٤	٣٫١٤٠	٥٫–	٣٩٫٢٥٠
٫٥	٣٫٩٢٥	٦٫–	٤٧٫١٠٠
٫٦	٤٫٧١٠	٧٫–	٥٤٫٩٥٠
٫٧	٥٫٤٩٥	٨٫–	٦٢٫٨٠٠
٫٨	٦٫٣٨٠	٩٫–	٧٠٫٦٥٠
٫٩	٧٫٠٦٥	١٠٫–	٧٨٫٥٠٠
١٫–	٧٫٨٥٠	١١٫–	٨٦٫٣٥٠
١٫٢٥	٩٫٨٠٠	١٢٫–	٩٤٫٢٠٠
١٫٥٠	١١٫٧٧٠	١٣٫–	١٠٢٫٠٥٠
٢٫–	١٥٫٧٠٠	١٤٫–	١٠٩٫٩٠٠
٢٫٢٥	١٧٫٦٦٠	١٥٫–	١١٧٫٧٠٠
٢٫٥٠	١٩٫٦٢٥	١٦٫–	١٢٥٫٦٠٠
٢٫٧٥	٢١٫٥٩٠	١٧٫–	١٣٣٫٤٠٠
٣٫–	٢٣٫٥٥٠	١٨٫–	١٤١٫٣٠٠
٣٫٢٥	٢٥٫٥١٠	١٩٫–	١٤٩٫١٠٠
٣٫٥٠	٢٧٫٤٧٥	٢٠٫–	١٥٧٫–

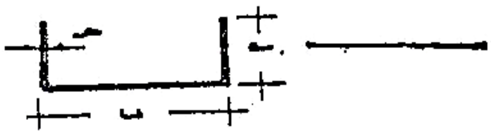
شكل رقم (٤ – ١ – ٦)

أوزان الصاج

التخانة	العرض × الطول		
	٢٠٠٠ × ١٠٠٠	٣٠٠٠ × ١٠٠٠	١٦٠٠ × ٨٠٠
٫٥٠	٨٫–	١٢	٥٫١٢
٫٨٠	١٢٫٨	١٩٫٢	٨٫٩
١٫–	١٦٫–	٢٤	١٠٫٢٤
١٫٢٥	٢٠٫–	٣٠	١٢٫٨٠
٧٫٥٠	٢٤٫–	٣٦	١٥٫٣٦
١٫٧٥	٢٨٫–	٤٢	١٧٫٩٢
٢٫–	٣٢٫–	٤٨	٢٠٫٤٨
٢٫٢٥	٣٦٫–	٥٤	٢٣٫٠٤
٢٫٥٠	٤٠٫–	٦٠	٢٥٫٦٠
٢٫٧٥	٤٤٫–	٦٦	٢٨٫١٦
٣٫–	٤٨٫–	٧٢	٣٠٫٧٢
٣٫٢٥	٥٢٫–	٧٨	٣٣٫٢٥
٣٫٥٠	٥٦٫–	٨٤	٣٥٫٨٤
٣٫٧٥	٦٠٫–	٩٠	٣٨٫٤٠
٤٫–	٦٤٫–	٩٦	٤٠٫٩٦

شكل رقم (٤ – ١ – ٧)

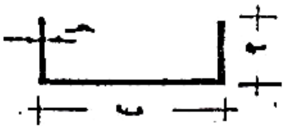
أبعاد وأوزان بعض القطاعات المشكلة
من الصاج للأغراض العامة



رقم	أ مم	ب مم	جـ مم	وزن المتر الطولى كجم	رقم	أ مم	ب مم	جـ مم	وزن المتر الطولى كجم
١	٢٠	٢٠	١ر–	٠ر٤٤٠	٢٨	٢٥	٢٠	١ر٥	٠ر٧٥٤
٢	٢٢	٢٢	١ر–	٠ر٥٠٢	٢٩	٢٦	٢٦	١ر٥	٠ر٨٤٨
٣	١٨	٢٠	١ر٢	٠ر٤٧١	٣٠	٣٠	٢٨	١ر٥	٠ر٩٦٦
٤	٢٠	٢٠	١ر٢	٠ر٤٥١	٣١	٣٠	٣٠	١ر٥	٠ر٩٨٩
٥	٢٢	٢٢	١ر٥	٠ر٦٠٣	٣٢	٣٠	٣٥	١ر٥	١ر٠٤٨
٦	١٠	٢٠	١ر٥	٠ر٤٠٠	٣٣	٣٥	٢٤	١ر٥	١ر٠٣٦
٧	١٠	٣٠	١ر٥	٠ر٥١٨	٣٤	٣٥	١٥	١ر٥	١ر٢٨٣
٨	١٢	١٣	١ر٥	٠ر٣٦٥	٣٥	٤٠	٢٨	١ر٥	١ر٢٠١
٩	١٢	١٤	١ر٥	٠ر٣٧٧	٣٦	٤٥	٦٥	١ر٥	١ر٧٥٤
١٠	١٢	٢٥	١ر٥	٠ر٥٠٦	٣٧	١٠	٢٠	٢ر–	٠ر٥٠٢
١١	١٤	١١	١ر٥	٠ر٣٨٩	٣٨	١٢	٢٥	٢ر–	٠ر٦٤٤
١٢	١٥	٨	١ر٥	٠ر٣٧٧	٣٩	١٥	٣٠	٢ر–	٠ر٨١٦
١٣	١٥	١٥	١ر٥	٠ر٤٥٩	٤٠	١٧	٣٥	٢ر–	٠ر٩٥٦
١٤	١٥	٣٠	١ر٥	٠ر٦٣٦	٤١	٢٠	٢٠	٢ر–	٠ر٨١٦
١٥	١٧	١١	١ر٥	٠ر٤٥٩	٤٢	٢٠	٣٠	٢ر–	٠ر٩٧٣
١٦	١٧	١٢	١ر٥	٠ر٤٧١	٤٣	٢٠	٤٠	٢ر–	١ر١٣٠
١٧	١٧	٣٥	١ر٥	٠ر٧٤٢	٤٤	٢٠	٦٠	٢ر–	١ر٤٤٤
١٨	١٨	١١	١ر٥	٠ر٤٨٣	٤٥	٢٥	٢٥	٢ر–	١ر٠٥٢
١٩	١٨	١٢	١ر٥	٠ر٤٩٥	٤٦	٢٥	٣٠	٢ر–	١ر١٣٠
٢٠	٢٠	١٥	١ر٥	٠ر٥٧٧	٤٧	٢٥	٥٠	٢ر–	١ر٤٤٠
٢١	٢٠	٢٠	١ر٥	٠ر٦٣٦	٤٨	٢٨	٤٠	٢ر–	١ر٣٨٢
٢٢	٢٠	٣٠	١ر٥	٠ر٧٤٥	٤٩	٣٠	٢٥	٢ر–	١ر٢٠٩
٢٣	٢٠	٤٠	١ر٥	٠ر٨٧١	٥٠	٣٠	٣٠	٢ر–	١ر٢٨٧
٢٤	٢٠	٥٠	١ر٥	٠ر٩٨٩	٥١	٣٠	٣٥	٢ر–	١ر٣٦٦
٢٥	٢٢	٢٢	١ر٥	٠ر٦٩٥	٥٢	٣٠	٥٥	٢ر–	١ر٦٨٠
٢٦	٢٢	٣٠	١ر٥	٠ر٨٠١	٥٣	٣٠	١٠٠	٢ر–	٢ر٣٨٦
٢٧	٢٢	٣٥	١ر٥	٠ر٨٦٠	٥٤	٣٥	٣٠	٢ر–	١ر٤٤٤

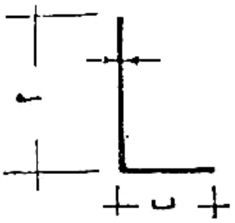
شكل (٤ – ١ – ٨)

تابع القطاعات المشكلة من الصاج

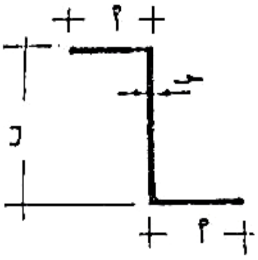


رقم	أ مم	ب مم	جـ مم	وزن المتر الطولى كجم
٥٥	٣٥	٣٥	٢ر–	١ر٥٢٣
٥٦	٣٥	٤٠	٢ر–	١ر٦٠١
٥٧	٣٥	٤٥	٢ر–	١ر٦٨٠
٥٨	٤٠	٢٥	٢ر–	١ر٥٢٣
٥٩	٤٠	٢٨	٢ر–	١ر٢٢٥
٦٠	٤٠	٣٥	٢ر–	١ر٦٨٠
٦١	٤٠	٤٠	٢ر–	١ر٧٥٨
٦٢	٤٥	٥٠	٢ر–	٢ر٠٧٢
٦٣	٤٥	٦٥	٢ر–	٢ر٣٠٨
٦٤	٤٥	٧٠	٢ر–	٢ر٣٨٦
٦٥	٤٥	٩٠	٢ر–	٢ر٧٠٠
٦٦	٤٥	١٠٠	٢ر–	٢ر٨٥٧
٦٧	٥٠	٥٠	٢ر–	٢ر٢٢٩
٦٨	٥٠	٦٠	٢ر–	٢ر٣٨٦
٦٩	٥٠	٨٠	٢ر–	٢ر٥٠٠
٧٠	٥٠	٨٥	٢ر–	٢ر٧٧٩
٧١	٢٠	٣٠	٢ر٥	١ر١٧٨
٧٢	٣٠	٣٠	٢ر٥	١ر٥٧٠
٧٣	٣٠	٦٠	٢ر٥	٢ر١٥٩
٧٤	٣٥	٣٥	٢ر٥	٢ر٧٤٨
٧٥	٤٠	٤٠	٢ر٥	٣ر٣٣٦
٧٦	٤٠	٧٠	٢ر٥	٢ر٤٥٣
٧٧	٤٠	١٠٠	٢ر٥	٣ر١٤٠
٧٨	٤٥	٤٥	٢ر٥	٢ر٧٤٨
٧٩	٤٥	٨٠	٢ر٥	٣ر٥٣٣
٨٠	٥٠	٥٠	٢ر٥	
٨١	٥٠	٩٠	٢ر٥	
٨٢	٢٠	٣٠	٣ر–	١ر٣٦٦
٨٣	٢٠	٣٥	٣ر–	١ر٤٨٣
٨٤	٢٠	٤٠	٣ر–	١ر٦٠١
٨٥	٢٥	٣٥	٣ر–	١ر٧١٩
٨٦	٣٠	٣٠	٣ر–	١ر٨٣٧
٨٧	٤٠	٤٠	٣ر–	٢ر٠٧٢
٨٨	٤٠	٤٠	٣ر–	٢ر٥٤٣
٨٩	٤٠	٤٥	٣ر–	٢ر٦٦١
٩٠	٤٠	٥٠	٣ر–	٣ر٠١٤
٩١	٤٠	٨٠	٣ر–	٣ر٤٨٥
٩٢	٤٠	٩٠	٣ر–	٣ر٧٢١
٩٣	٤٥	٧٠	٣ر–	٣ر٤٨٥
٩٤	٤٥	٨٠	٣ر–	٣ر٧٢١
٩٥	٤٥	٩٠	٣ر–	٣ر٩٥٦
٩٦	٤٥	١٠٠	٣ر–	٤ر١٩٢

شكل (٤ – ١ – ٩)

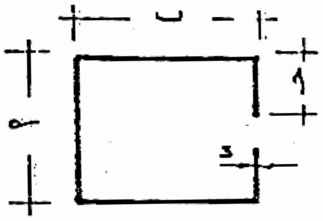


رقم	أ مم	ب مم	جـ مم	وزن المتر الطولى كجم
١	٢٠	١٠	١ر٥	٠ر٣١٨
٢	٢٥	١٢	١ر٥	٠ر٤٠٠
٣	٣٠	١٥	١ر٥	٠ر٤٩٥
٤	٢٥	١٢	٢ر–	٠ر٥١٨
٥	٣٠	١٥	٢ر–	٠ر٦٤٤
٦	٣٧	١٧	٢ر–	٠ر٧٥٤
٧	٤٠	٢٠	٢ر–	٠ر٨٧٩
٨	٤٥	٢٠	٢ر–	٠ر٩٥٨
٩	٣٠	١٥	٣ر–	٠ر٩١٩
١٠	٣٥	٢٠	٣ر–	١ر١٥٣
١١	٤٠	٢٠	٣ر–	١ر٢٧١
١٢	٥٠	٣٠	٣ر–	١ر٧٤٢
١٣	٥٥	٤٠	٣ر–	٢ر٠٩٥
١٤	٦٠	٥٠	٣ر–	٢ر٤٤٩
١٥	٦٥	٤٠	٣ر–	٢ر٣٣١

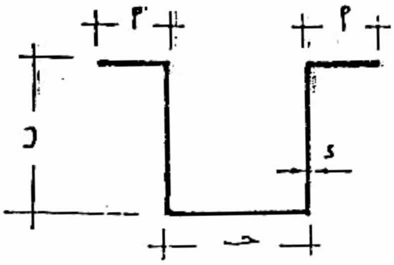


رقم	أ مم	ب مم	جـ مم	وزن المتر الطولى كجم
١	١٠	٢٠	١ر٥	٠ر٤٠٠
٢	١٠	٢٥	١ر٥	٠ر٤٥٩
٣	١٥	٢٠	١ر٥	٠ر٥١٨
٤	١٥	٣٠	١ر٥	٠ر٦٣٦
٥	٢٠	٤٠	١ر٥	٠ر٨٧١
٦	٢٥	٥٠	١ر٥	١ر١٠٧
٧	٣٠	٤٥	١ر٥	١ر١٥٤
٨	١٥	٢٥	٢ر–	٠ر٧٣٨
٩	٢٠	٣٠	٢ر–	٠ر٩٧٣
١٠	٢٥	٤٠	٢ر–	١ر٢٨٧
١١	٣٠	٥٠	٢ر–	١ر٦٠١
١٢	٢٠	٣٠	٣ر–	١ر٣٦٦
١٣	٢٥	٤٠	٣ر–	١ر٨٣٧
١٤	٣٠	٥٠	٣ر–	٢ر٣٠٨
١٥	٤٠	٥٠	٣ر–	٣ر٠١٤
١٦	٤٠	٨٠	٣ر–	٣ر٤٨٥
١٧	٤٠	٩٠	٣ر–	٣ر٧٢١
١٨	٤٥	٧٠	٣ر–	٣ر٤٨٥
١٩	٤٥	٨٠	٣ر–	٣ر٧٢١
٢٠	٤٥	٩٠	٣ر–	٣ر٩٥٦
٢١	٤٥	١٠٠	٣ر–	٤ر١٩٢

تابع القطاعات المشكلة من الصاج (٤ – ١ – ٩)



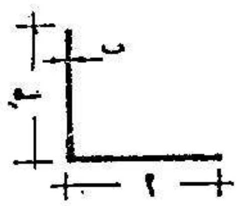
رقم	أ مم	ب مم	جـ مم	د مم	وزن المتر الطولى كجم
١	٣٠	٣٠	١٠	١ر٥	١ر٥٠٨
٢	٤٠	٤٠	١٠	١ر٥	١ر٦٢٥
٣	٥٠	٤٠	١٥	١ر٥	١ر٧٤٣
٤	٣٠	٤٠	١٠	١ر٥	١ر٥٠٨
٥	٦٠	٥٠	١٥	١ر٥	٢ر٠٩٦
٦	٥٠	٣٠	١٥	١ر٥	١ر٥٠٨
٧	٣٠	٣٠	١٠	٢ر—	١ر٦٣٣
٨	٤٠	٤٠	١٥	٢ر—	٢ر١٠٤
٩	٥٠	٤٠	١٥	٢ر—	٢ر٢٦١
١٠	٣٠	٤٠	١٠	٢ر—	١ر٩٤٧
١١	٥٠	٣٠	١٥	٢ر—	١ر٩٤٧
١٢	٦٠	٥٠	١٥	٢ر—	٢ر٧٣٢
١٣	٣٠	٣٠	١٠	٣ر—	٢ر٤٤٧
١٤	٤٠	٤٠	١٥	٣ر—	٣ر٢٠٣
١٥	٥٠	٤٠	٢٠	٣ر—	٣ر٤٣٩
١٦	٣٠	٤٠	١٠	٣ر—	٢ر٩٦٨
١٧	٥٠	٣٠	٢٠	٣ر—	٢ر٩٦٨
١٨	٦٠	٥٠	٢٠	٣ر—	٤ر١٤٥



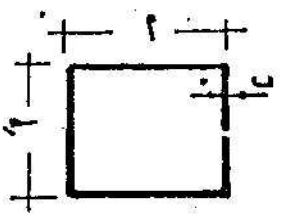
رقم	أ مم	ب مم	جـ مم	د مم	وزن المتر الطولى كجم
١	١٥	٤٥	٣٠	١ر٥	١ر٦٢٥
٢	١٥	٢٥	٤٠	١ر٥	١ر٢٧٢
٣	١٥	٤٥	٤٥	١ر٥	١ر٨٠١
٤	١٥	٤٥	٥٠	١ر٥	١ر٨٦٠
٥	١٥	٤٥	٦٠	١ر٥	١ر٩٧٨
٦	١٥	٤٥	٦٤	١ر٥	٢ر٠٢٥
٧	١٥	٢٥	٣٠	٢ر—	١ر٤٧٦
٨	١٥	٢٥	٤٠	٢ر—	١ر٦٣٣
٩	١٥	٤٥	٣٠	٢ر—	٢ر١٠٤
١٠	١٥	٤٥	٤٥	٢ر—	٢ر٣٣٩
١١	١٥	٤٥	٥٠	٢ر—	٢ر٤١٨
١٢	١٥	٤٥	٦٠	٢ر—	٢ر٥٧٥
١٣	١٥	٤٥	٦٤	٢ر—	٢ر٦٣٨
١٤	١٥	٤٥	٨٠	٢ر—	٢ر٨٨٩

تابع القطاعات المشكلة من الصاج

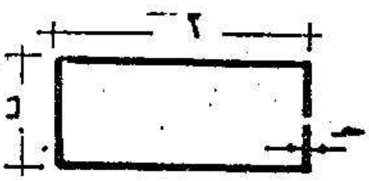
شكل (٤ – ١ – ١٠)



رقم	أ مم	أ مم	ب مم	وزن المتر الطولى كجم
١	١٠	١٠	١ر٥	٠ر٢٠٠
٢	١٥	١٥	١ر٥	٠ر٣١٨
٣	٢٠	٢٠	١ر٥	٠ر٤٣٦
٤	٢٥	٢٥	١ر٥	٠ر٥٥٣
٥	٣٠	٣٠	١ر٥	٠ر٦٧١
٦	١٥	١٥	٢ر –	٠ر٤٠٨
٧	٢٠	٢٠	٢ر –	٠ر٥٦٥
٨	٢٥	٢٥	٢ر –	٠ر٧٢٢
٩	٣٠	٣٠	٢ر –	٠ر٨٧٩
١٠	٣٥	٣٥	٢ر –	١ر٠٣٦
١١	٤٠	٤٠	٢ر –	١ر١٩٣
١٢	٤٥	٤٥	٢ر –	١ر٣٥٠
١٣	٣٠	٣٠	٣ر –	١ر٢٧٢
١٤	٤٠	٤٠	٣ر –	١ر٧٤٣
١٥	٥٠	٥٠	٣ر –	٢ر٢١٤
١٦	٦٠	٦٠	٣ر –	٢ر٦٨٥
١٧	٧٠	٧٠	٣ر –	٣ر١٥٦
١٨	٨٠	٨٠	٣ر –	٣ر٦٢٧
١٩	٩٠	٩٠	٣ر –	٤ر٠٩٨
٢٠	١٠٠	١٠٠	٣ر –	٤ر٥٦٩



رقم	أ مم	أ مم	ب مم	وزن المتر الطولى كجم
١	٣٠	٣٠	١ر٥	١ر٢٦٤
٢	٣٠	٣٠	٢ر –	١ر٦٢٢
٣	٤٠	٤٠	١ر٥	١ر٧٣٢
٤	٤٠	٤٠	٢ر –	٢ر٢٤٦
٥	٥٠	٥٠	٢ر –	٢ر٨٧٠
٦	٥٠	٥٠	٣ر –	٤ر٣٠٦
٧	٦٠	٦٠	٢ر –	٣ر٤٩٤
٨	٦٠	٦٠	٣ر –	٥ر٢٤٢



رقم	أ مم	أ مم	ب مم	وزن المتر الطولى كجم
١	٤٠	٣٠	١ر٥	١ر٤٩٨
٢	٤٠	٣٠	٢ر –	١ر٩٣٤
٣	٥٠	٣٠	١ر٥	١ر٧٣٢
٤	٥٠	٣٠	٢ر –	٢ر٢٤٦
٥	٦٠	٤٠	١ر٥	٢ر٢٠٠
٦	٦٠	٤٠	٢ر –	٢ر٨٧٠

تابع القطاعات المشكلة من الصاج

شكل (٤ – ١ – ١١)

أنواع أخرى من الصاج ومواصفاتها:

١-الصاج المجلفن :

يطلق تعبير الصاج المجلفن على الصلب اللدن المغطى بطبقة من الخارصين (الزنك) المنصهر،لإكسابه مقاومة للصدأ الناشئ من المؤثرات الجوية ، بالإضافة إلى تيسير لحامه بالقصدير.

٢-الصاج (الحديد اللدن) :

تشابه ألواح الحديدالمجلفن غيرأن أسطحها معتمة (أى غير براقة) مما يجعلها أكثر ملاءمة لإلتصاق البويات عليها عند الطلاء ، كما أنه يمكن تشكيلها بسهولة دون تشقق طبقة الزنك بالإضافة إلى سهولة لحامها أيضاً بالقصدير،
أما أوزانها وتخاناتها فهى كمثيلاتها من الحديد المجلفن ولذلك فهى تناسب صنع صهريجات المياه وأوانى حفظ اللبن ومايماثلها.

٣-الصاج الأسود:

تغطى أسطح هذه الألواح طبقة من الصدأ تمنع لحامها بالقصدير ويلزم دائما طلاؤها بالبويات وهى تباع فى الأسواق بنفس مقاسات وتخانات الألواح المجلفنة .

٤-الصاج المقصدر(الصفيح):

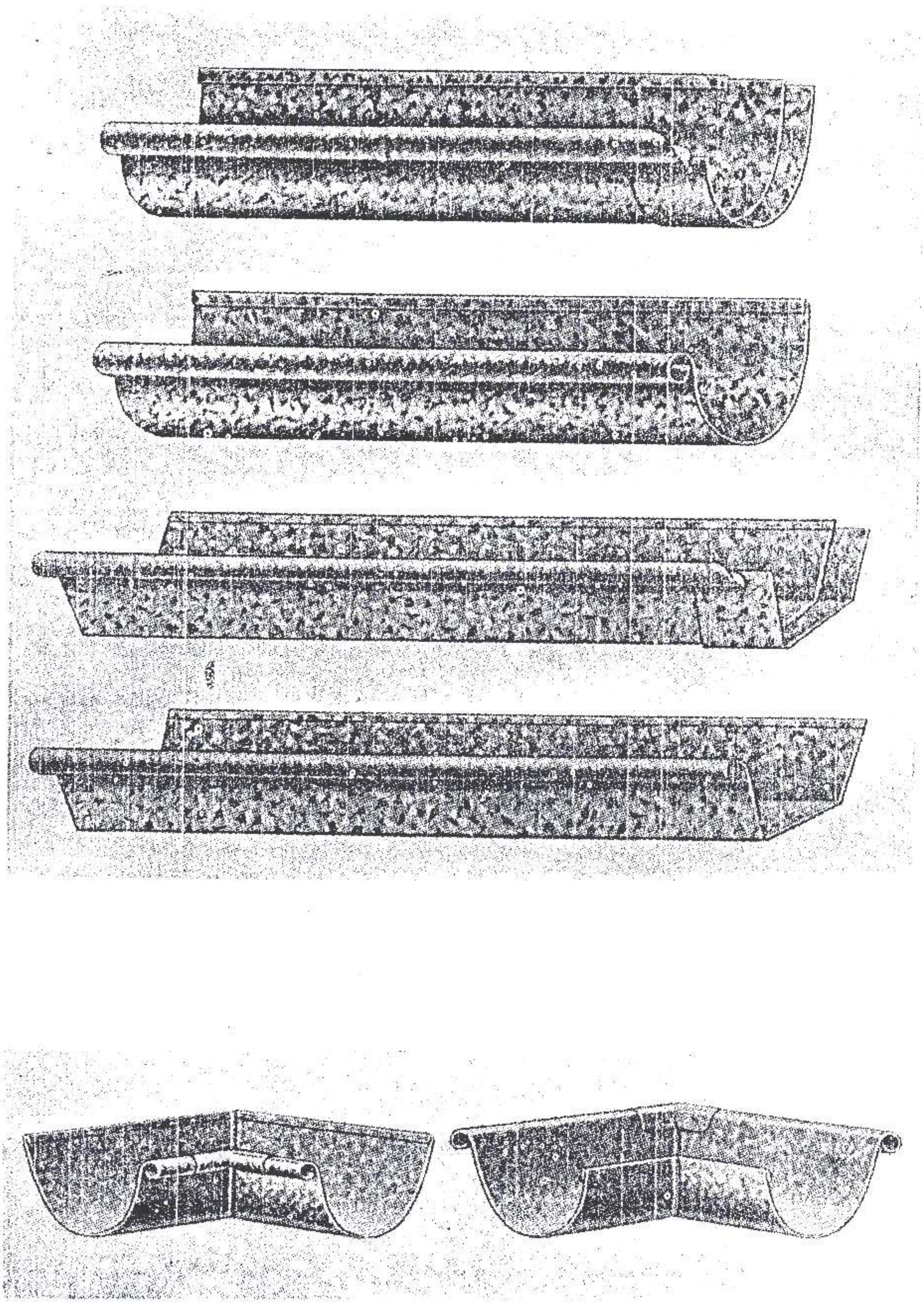
ألوح (الصفيح) ماهى إلا ألواح من الصلب الطرى (اللدن) مطلي بطبقة من القصدير وتنتج بمقاسات خاصة ، أما تخاناتها فتتراوح بين ٠.٤ ملليمتر ، ٠.٦ ملليمتر وتناسب صنع علب المأكولات المحفوظة ومايماثلها .

٥-صاج مكسو بالرصاص:

بعد دلفنة الرقائق وغمرها فى الحوض تغطى بالرصاص ويمنع إستعمال هذا النوع فى صنع الأدوات التى توضع فيها المواد الغذائية .

٦- ألواح لصلب الذى لايصدأ:

يحتوى هذا الصلب على نسبة مرتفعة من معدن الكروم تجعله لايتأثر بالعوامل الجوية أو الكيماويات ويقاوم الصدأ ويمكن إجراء جميع عمليات التشكيل والحام المصنوعة منه كباقى المعادن .
ويفوق هذا النوع من الصلب النوع العادى فى صلادته ومقاومته للشد ولذا فيلزمه ماكينات ذات قدرة خاصة عند تشغيله عليها من قص وتشكيل ويبين شكل (٤-١-٦)
نماذج لمصنوعات من الحديد المجلفن عباره عن مجموعة مختلفة الأشكال من المزاريب المستخدمه فى تجميع مياه الأمطار عند أحرف سقوف المنشآت .

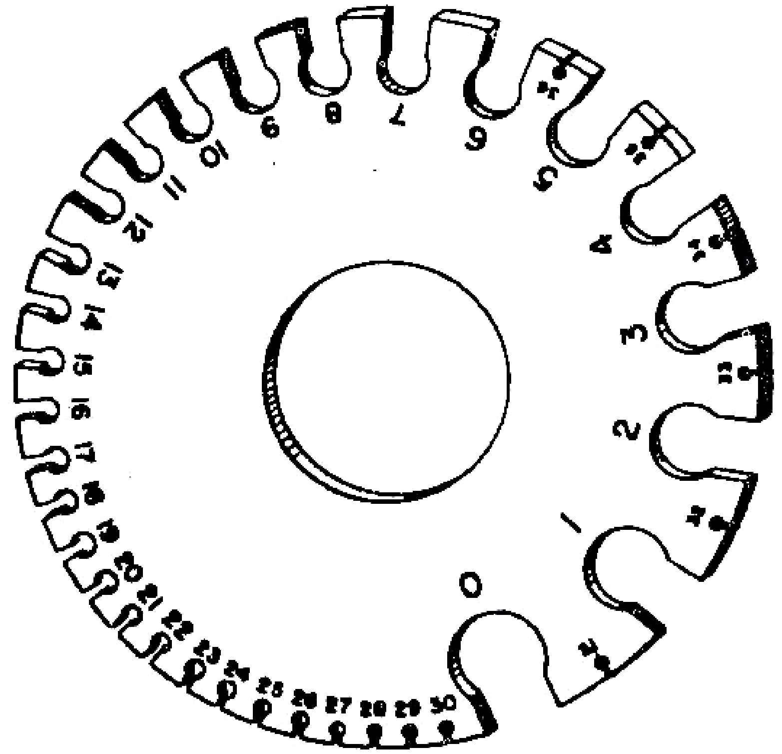


شكل (٤ – ١ – ٦)

مقاس تخانات ألالواح:

توجد طريقة سريعة لقياس تخانات الالواح بأستخدام محددات قياس خاصة عبارة عن قرص من الصلب المصلد يحتوى محيطه على فتحات مختلفة المقاسات ، وأمام كل فتحه ختم يحمل الرقم العيارى الدال على مقاسها ـ ويمكن معرفة تخانة اللوح بادخال حافته فى الفتحه المناسبه له بعد إستعدالها وازالة الرايش منها ، ثم يقرأ الرقم المختوم أمام الفتحه ـ ومن الجدول يستخرج مقدار التخانة المرادف لل

ويبين شكل (٤-١-٧) محدد قياس التخانات على شكل قرص يحتوى على فتحات أمام كلاً منها الرقم العيارى الأمريكى ويمكنه أيضاً قياس أقطار الأسلاك ٠



محدد قياس تخانات الألواح وأقطار الأسلاك .

شكل (٤ – ١ – ٧)

٤-٢ النحاس(ألواح- قطاعات) :

النحاس من أكثر المعادن الغير الحديدية إنتشاراً فى الصناعة ويستعمل فى حالته النقية فى الصناعات الكهربائية كموصل جيد للتيار الكهربى.

وتصنع خامات النحاس على شكل ألواح وخوص وأسلاك بالدلفنة والسحب والكبس .

ومن خامات النحاس المصنعة

١-الألواح:-

أ-ألواح النحاس الأحمر:-

يعتبرمعدن النحاس الأحمر من المعادن الثمينة شديدة المقاومة للصدأ وألواحه سهلة التشكيل واللحام بالقصدير وتعطى سطحاً جذاباً وبراقاً بعد تلميعه كما يمكن تلوينها بالأكسدة

تخمير النحاس الأحمر:

يتسبب الطرق المستمر على ألواح النحاس الأحمر عند إجراء عمليات التشكيل فى إكسابها صلادة شديدة وكسرها قبل إتمام العملية ـ لذلك يلزم تخميرها لإعادتها إلى حالتها اللدنه بتسخينها إلى درجة الإحمرار ثم تبريدها فجائياً فى ماء بارد أوتركها فى الهواء الجوى حتى درجة حرارة الغرفة ثم تُكمل عملية التشكيل .

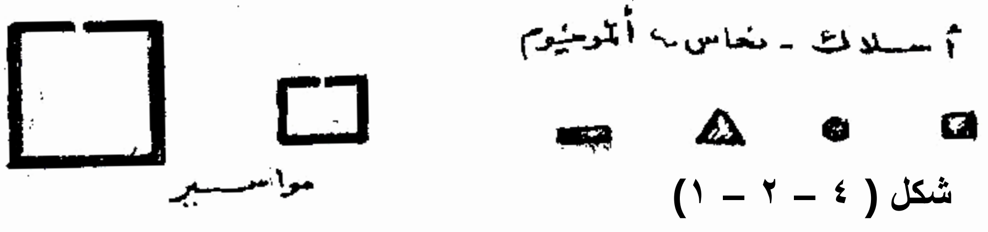
ب- ألواح النحاس الأصفر:-

النحاس الأصفر عبارة عن سبيكة من النحاس الأحمر والزنك بنسب متفاوتة ُتدرفل على هيئة ألواح بتخانات مختلفة وتصلح للتشكيل واللحام بالقصدير ، وتُرقم ألواح النحاس طبقاً للمواصفات القياسية وتوضح هذه الأرقام تخانات الألواح والعناصر المضافة ونسبة النحاس.

والجدول رقم: (٤-٢٢) يوضح لأوزان ألواح النحاس الأحمر والأصفر بالكيلوجرام لكل مم^{٢}

٢-الأعواد(القطاعات):-

تصنع خامات النحاس على شكل أسلاك بقطاعات مختلفة منها المربع والمستدير وأيضاً على شكل مواسير مربعة ومستديرة ، وكذلك أعواد مصمتة كالكرانيش والكوبستات والحلايا والقطاعات المفرغة والغير مفرغة وخلافه تستخدم فى الصناعات المختلفة ، وشكل(٤-٢-١) يوضح لبعض هذه القطاعات ،والجدول رقم : (٤-٢٣) يوضح أوزان بعض أسلاك من النحاس الأحمر والأصفر بالكيلوجرام حسب القطر.



شكل (٤ – ٢ – ١)

شكل (٤ – ٣ – ١)

شكل (٤ – ١ – ١٣)

٤-٣ الألومنيوم (ألواح – قطاعات) :-

الألومنيوم معدن خفيف سهل الصهر ولدن وجيد التوصيل للحرارة والكهرباء ويمكن تلوينه بما يضفى عليه الكثير من المميزات الأخرى ، ويستعمل فى الصناعة على نطاق واسع على شكل سبائك ذات أساس ألومنيومى ـ وتصنع خامات الألومنيوم بأشكال تتشابه مع خامات النحاس على شكل (ألواح- أسلاك- مواسير) وشكل (٤ -٢- ١) ،

وشكل (٤-٣-١) لبعض خامات الألومنيوم ، وجدول رقم (٤- ٢٣ ، ٢٢) يوضح أوزان ألواح الألومنيوم حسب السمك ، وأوزان سلك الألومنيوم حسب القطر.

ومن الأشكال التى تُصنع من خامات الألومنيوم:-

١- الألواح:-

لاتُصنع الألواح عادة من الألومنيوم النقى لمرونته الشديدة بل من سبيكة تكون النسبة الغالبة فيها لمعدن الألومنيوم ، ثم تُدرفل إلى ألواح بتخانات مختلفة وبدرجات متعددة الصلابة وتوجد طريقة فريدة فى نوعها تُتبع فى الورش لتخمير ألواح الألومنيوم الصلدة وذلك برسم خط بالصابون على سطح اللوح ثم تسخينه وعندما يصبح الخط لونه أسود اللون ، دل ذلك على أن حرارته قد وصلت إلى الدرجة المناسبة للتخمير ، فيبرد فى الماء أو فى الهواء الجوى ويصبح طرياً سهل التشكيل .

وترقم ألواح الألومنيوم فى المصانع لتوضيح سمك اللوح وتسمى مثلاً :

٢٤ – ٢٢ – ٢٠ – ١٨ – ١٦ – ١٤ ومفهوم لدى الصناع أن رقم ٢٤ مثلاً يساوى٠.٥مم.

٢-القطاعات:-

إنتشر إستخدام القطاعات الألومنيومية فى كثير من الدول والتى تتوافر فيها إستخلاص معدن الألومنيوم .

واللوحات(٤-٣-٢) :

توضح بعض القطاعات الألومنيوم تستخدم فى تجليد الواجهات وموضح عليها الأبعاد بالمليمترات ومنها مايستخدم فى تجليد الحوائط المسطحة وكذلك الأركان فى النواصى .

لوحة (٤-٣-٣) :

توضح قطاعات تستعمل فى الاطارات للأبواب والشبابيك.

لوحة(٤-٣- ٤) :

توضح قطاعات تستعمل فى مفصلات الدلف المتحركة.

اللوحات (٤-٣- ٥) :

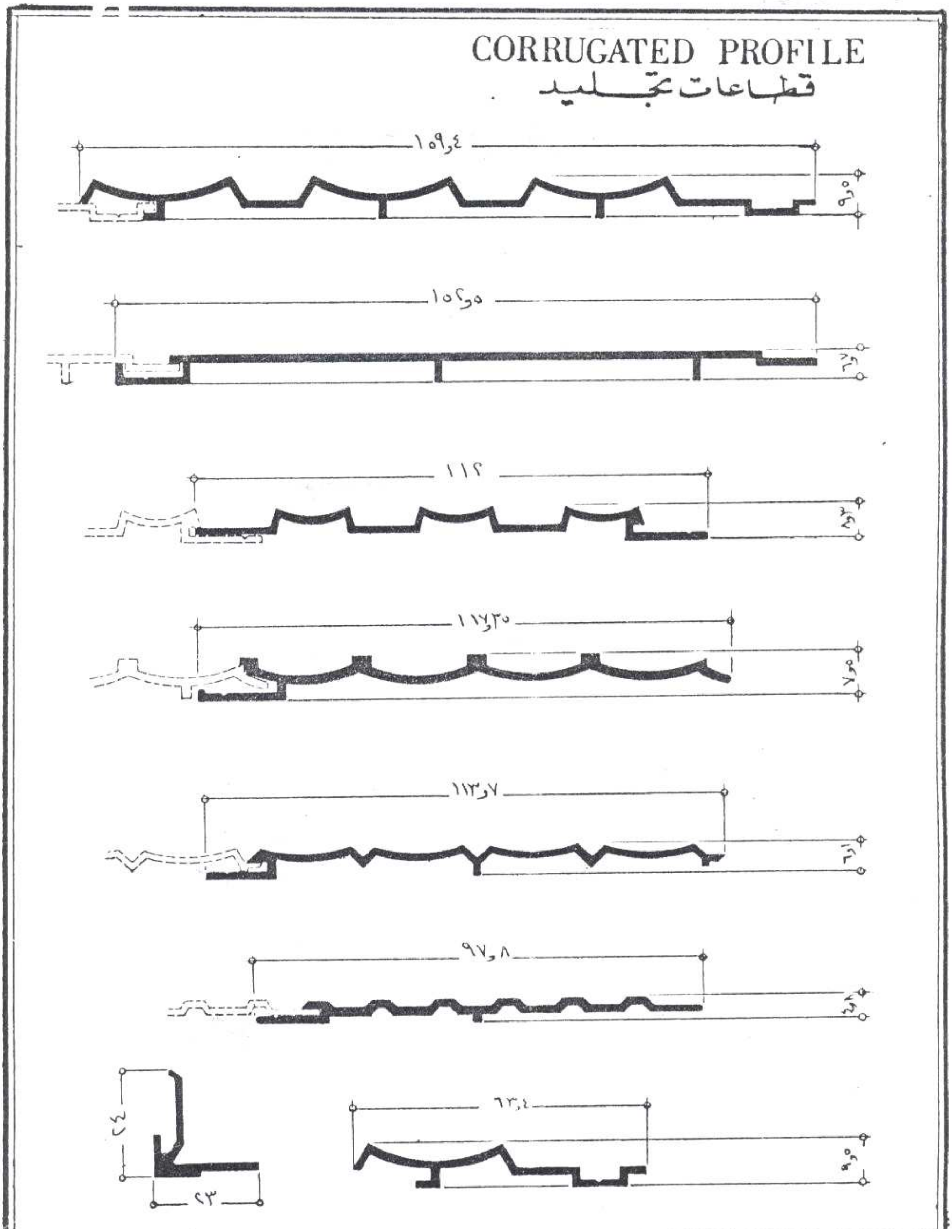
توضح القطاعات المستعملة فى كوبستات السلالم والدرابزينات والأسوار، موضح عليها الأبعاد بالمليمترات.

اللوحات(٤-٣-٦) :

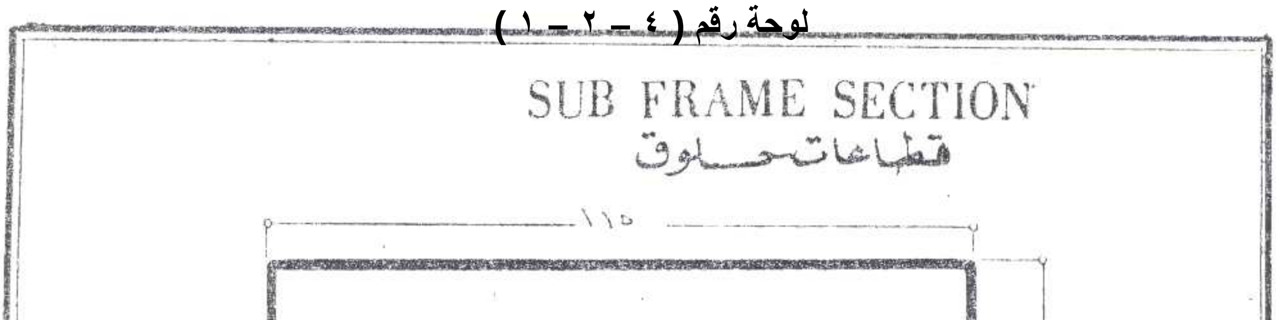
قطاعات لأعمدة الدرابزينات سواء أكانت لسلام أم للبلكونات وموضح عليها الأبعاد بالمليمترات.

لوحة (٤-٣-٧) :

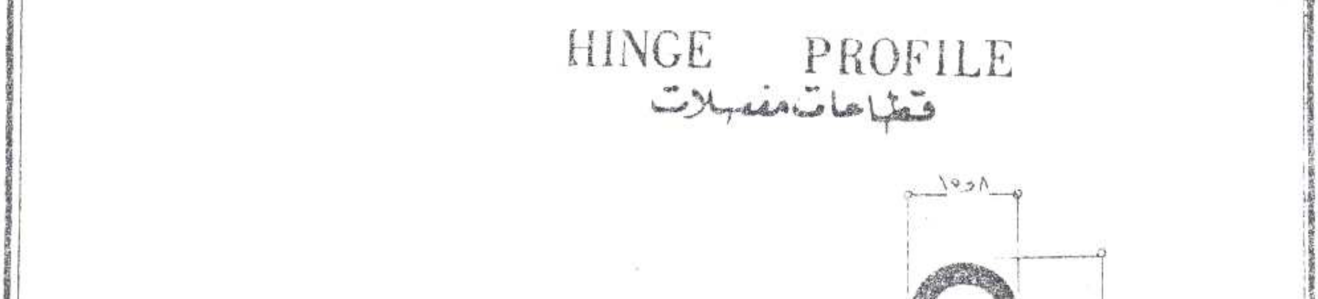
توضح قطاعات لأبواب وشبابيك تتحرك حركة مفصلية مبين عليها الأبعاد بالمليمترات.


CORRUGATED PROFILE
قطاعات تجليد
١٥٩٫٤
١٥٢٫٥
١١٢
١١٦٫٣٥
١١٣٫٧
٩٧٫٨
٦٣٫٤
٢٤
٢٣

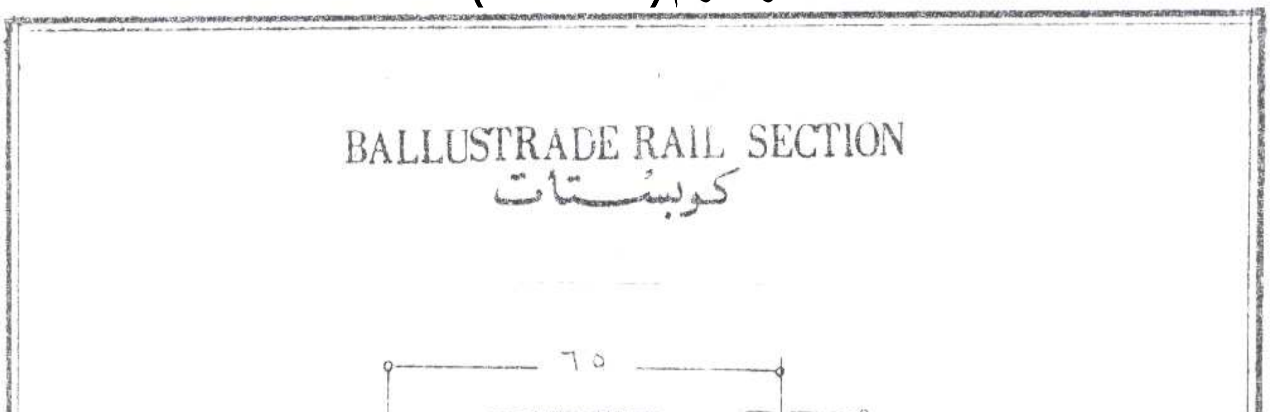
لوحة رقم (٤ – ٢ – ١)


SUB FRAME SECTION
قطاعات حلوق
١١٥

لوحة رقم (٤ – ٢ – ٢)

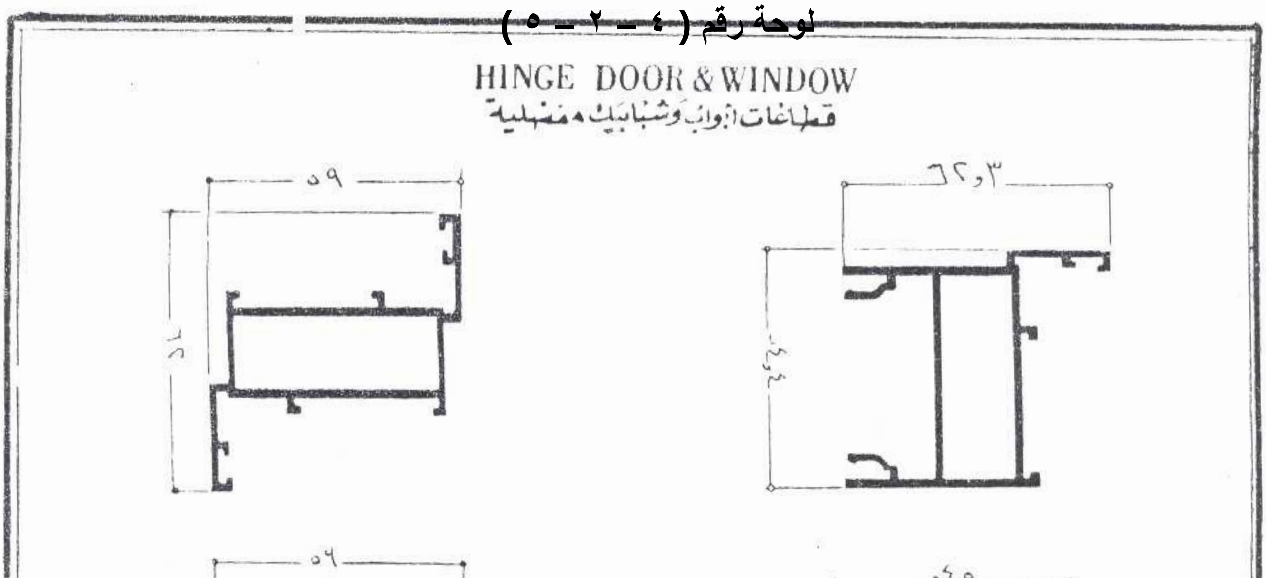


لوحة رقم (٤ – ٢ – ٣)



لوحة رقم (٤ – ٢ – ٤)

لوحة رقم (٤ ــ ٢ ــ ٥)



لوحة رقم (٤ – ٢ – ٦)

لوحة (٤-٣-٨) :

توضح قطاعات تستعمل فى إنشاء الأكشاك لجميع الأغراض ، ومبين عليها الأبعاد بالمليمترات.

اللوحات (٤-٣- ٩) :

توضح للقطاعات المستعملة فى الديكور ، ومبين عليها الأبعاد بالمليمترات.

اللوحات (٤-٣-١٠ ، ١١) :

توضح القطاعات الجانبية والأفقية فى إنزلاق الدلف سواء للشبابيك أوالأبواب.

اللوحات (٤-٣-١٢ ، ١٣) :

تبين إتصال القائم بالسؤاس وكذلك إتصال العارضة بالقائم ومكان التثبيت وكذلك مكان تركيب عجل الإنزلاق.

اللوحات (٤-٣- ١٤) :

توضح القطاعات الأفقية والرأسية لشباك منزلق إنزلاقاً أفقياً والقطاعات الموضحة عليها الأبعاد بالملليمترات .

<u>أعواد مشكلة من الصاج :</u>

لوحة(٤- ١):

أ- عبارة عن قطاع أفقى لفترينة العرض المشكلة من الأعواد وموضح طريقة تثبيت الزجاج وانزلاق من الداخل .

ب- إتصال العود القائم بالأفقى وجمع باللحام أو بالربط .

لوحة(٤- ٢) :

توضح لقطاع الأفقى والجانبى لباب واجهة العرض من أعواد مشكلة من الصاج وموضح أيضاً قائم الحلق مع العوارض وكذلك عظم الدلفة بالسؤاس .

لوحة(٤- ٣) :

عبارة عن :-

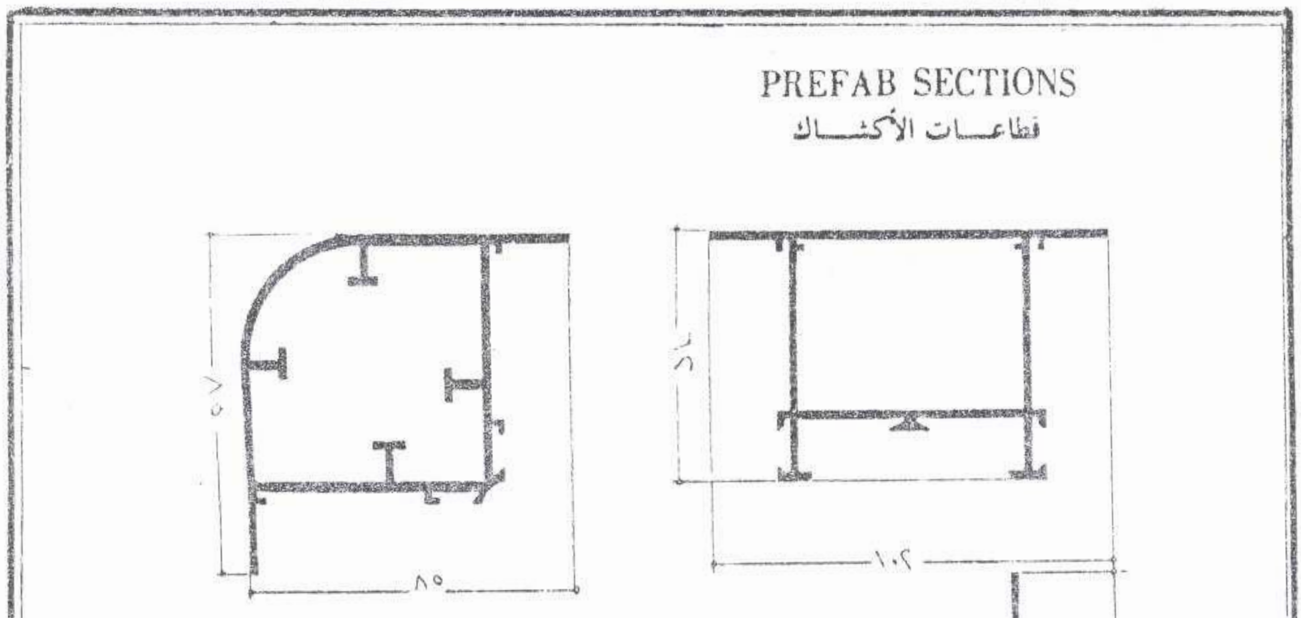
أ- قطاعات من الأعواد تستخدم فى الكوبستات .

ب- بعض قطاعات من الأعواد تستخدم فى قوائم وعوارض الفترينات .

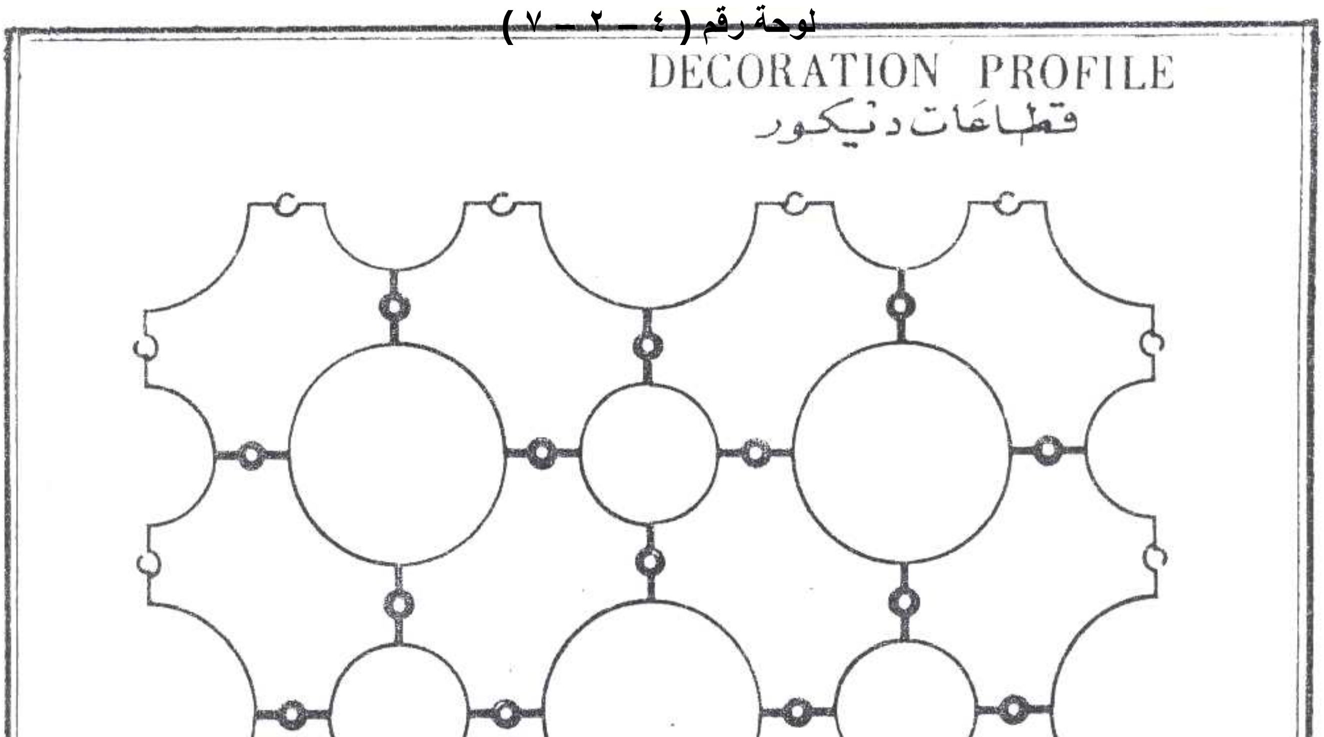
ج- بعض القطاعات المستعملة فى الأركان لواجهات العرض .

لوحة(٤- ٤) :

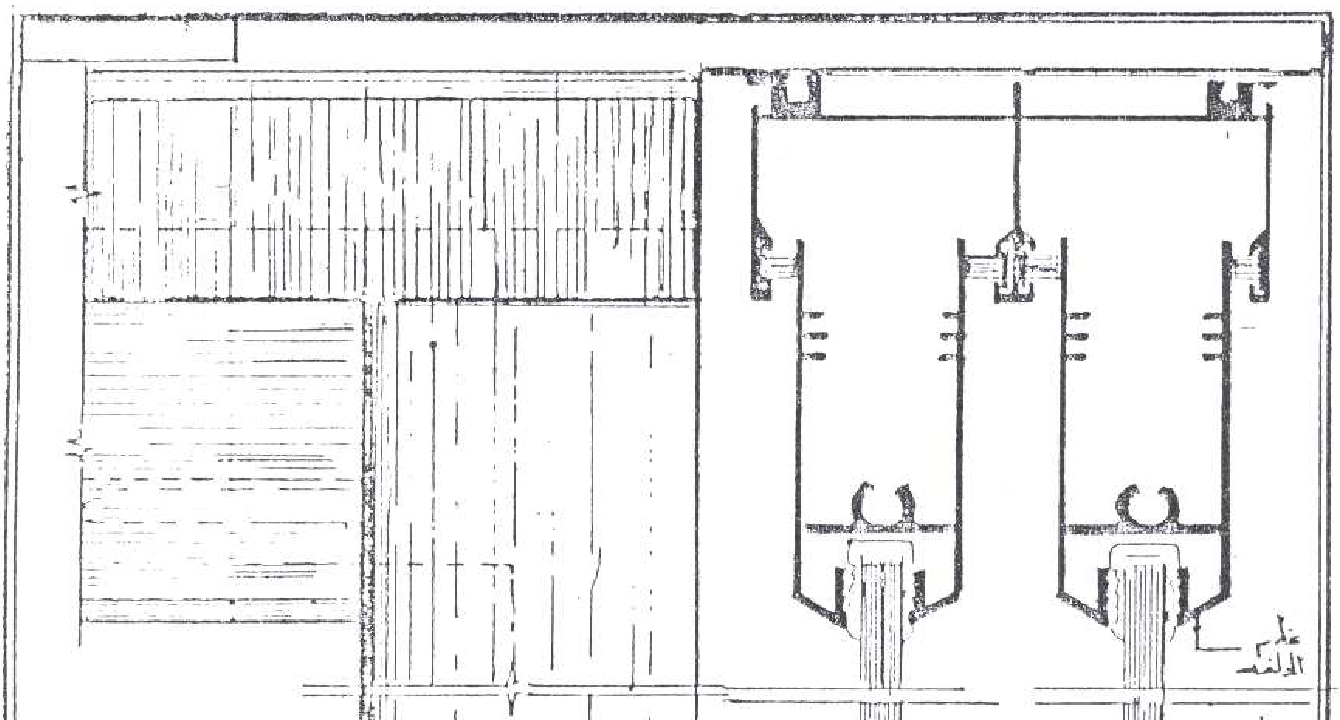
توضح طريق عمل انفراد لركن عود زاوية قائمة يتكون من جزئين أ،ب وموضح على الإنفراد المقاسات اللازمة للإنفراد .



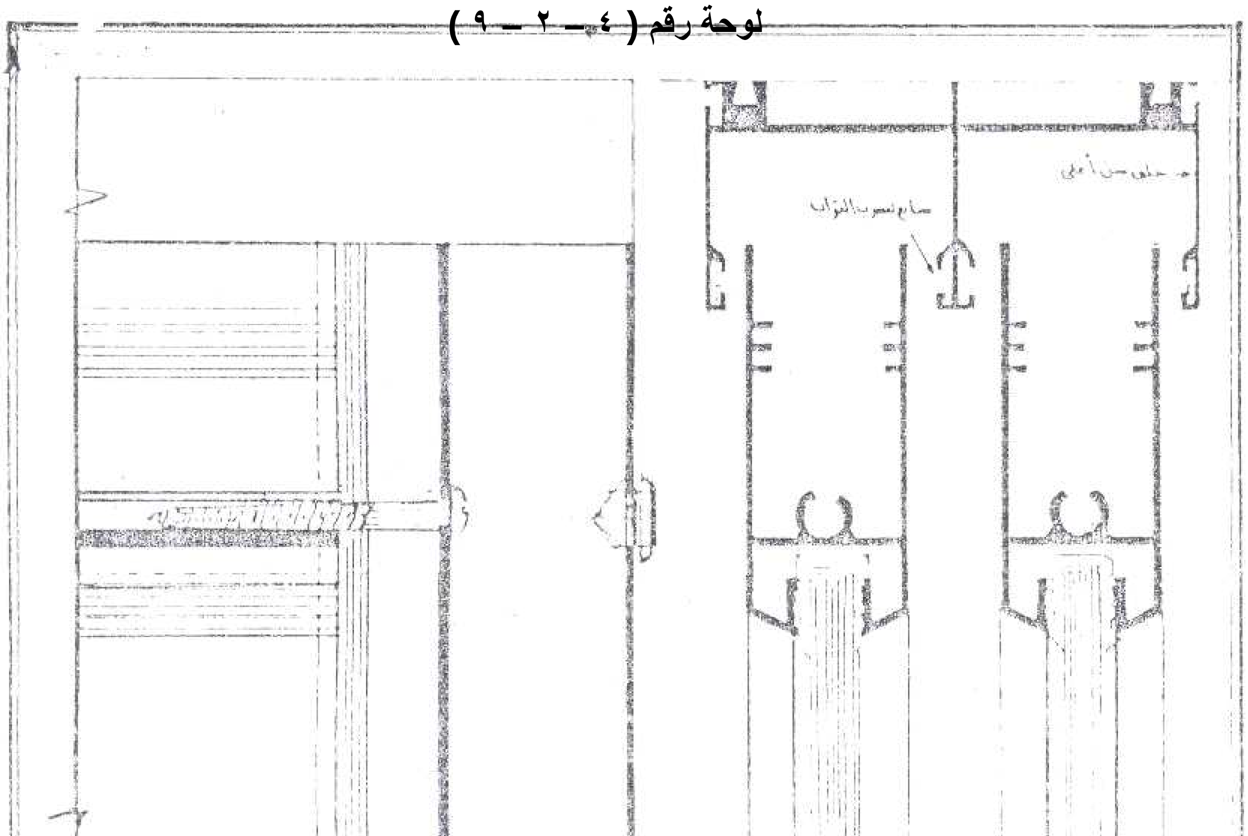
لوحة رقم (٤ ـ ٢ ـ ٧)



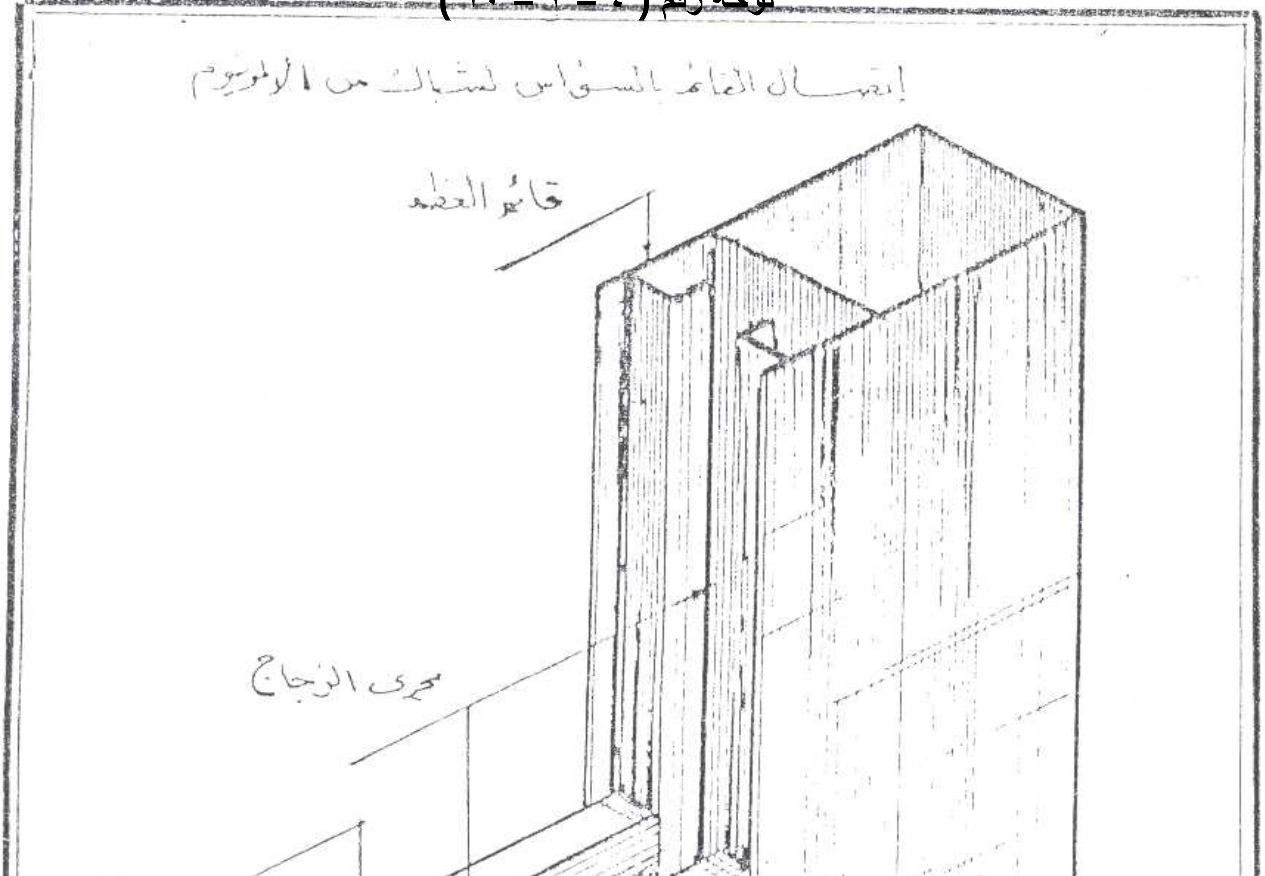
لوحة رقم (٤ ـ ٢ ـ ٩)



لوحة رقم (٤ـ ٢ ـ ٩)

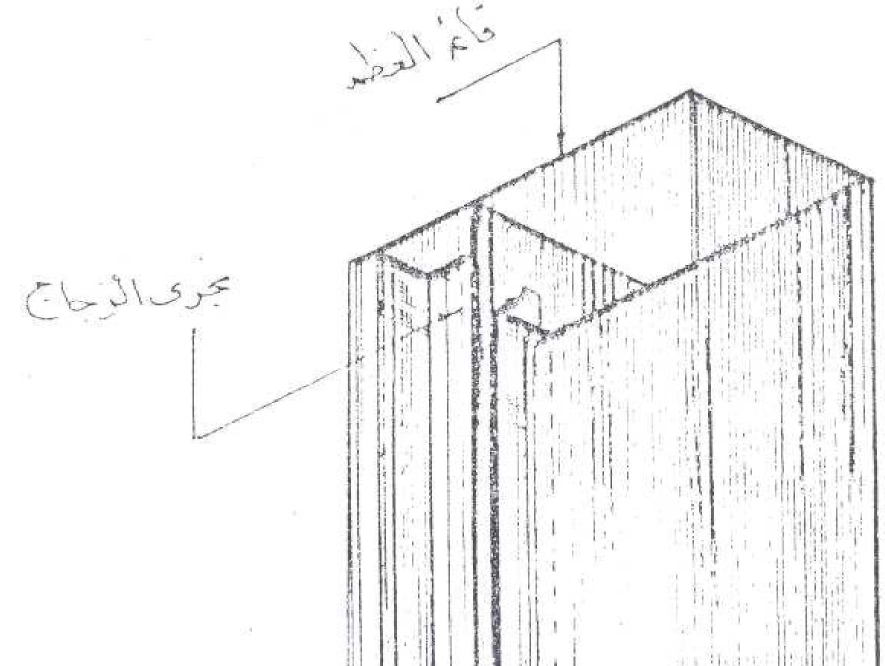


لوحة رقم (٤ – ٢ – ١٠)

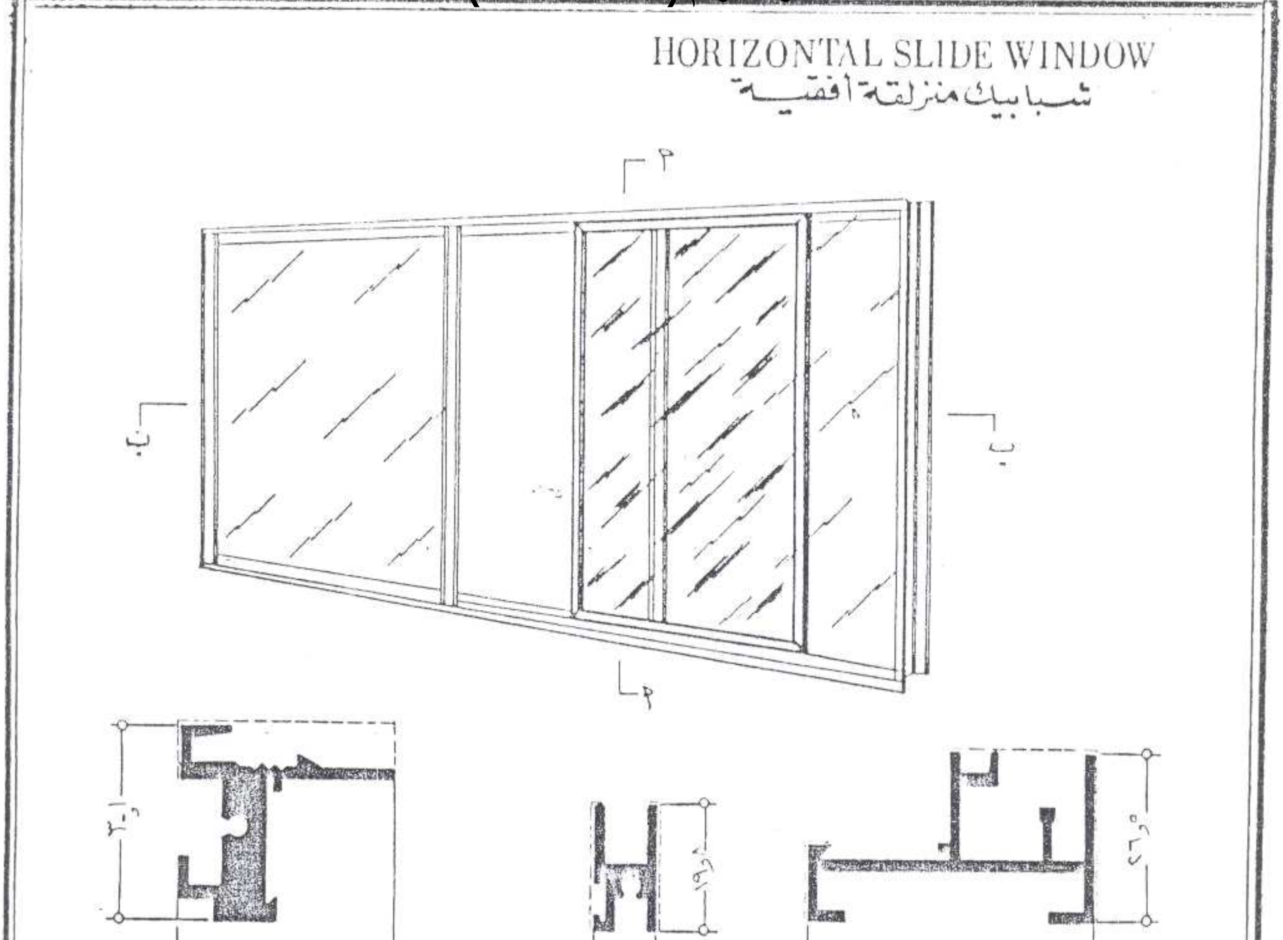


لوحة رقم (٤ – ٢ – ١١)

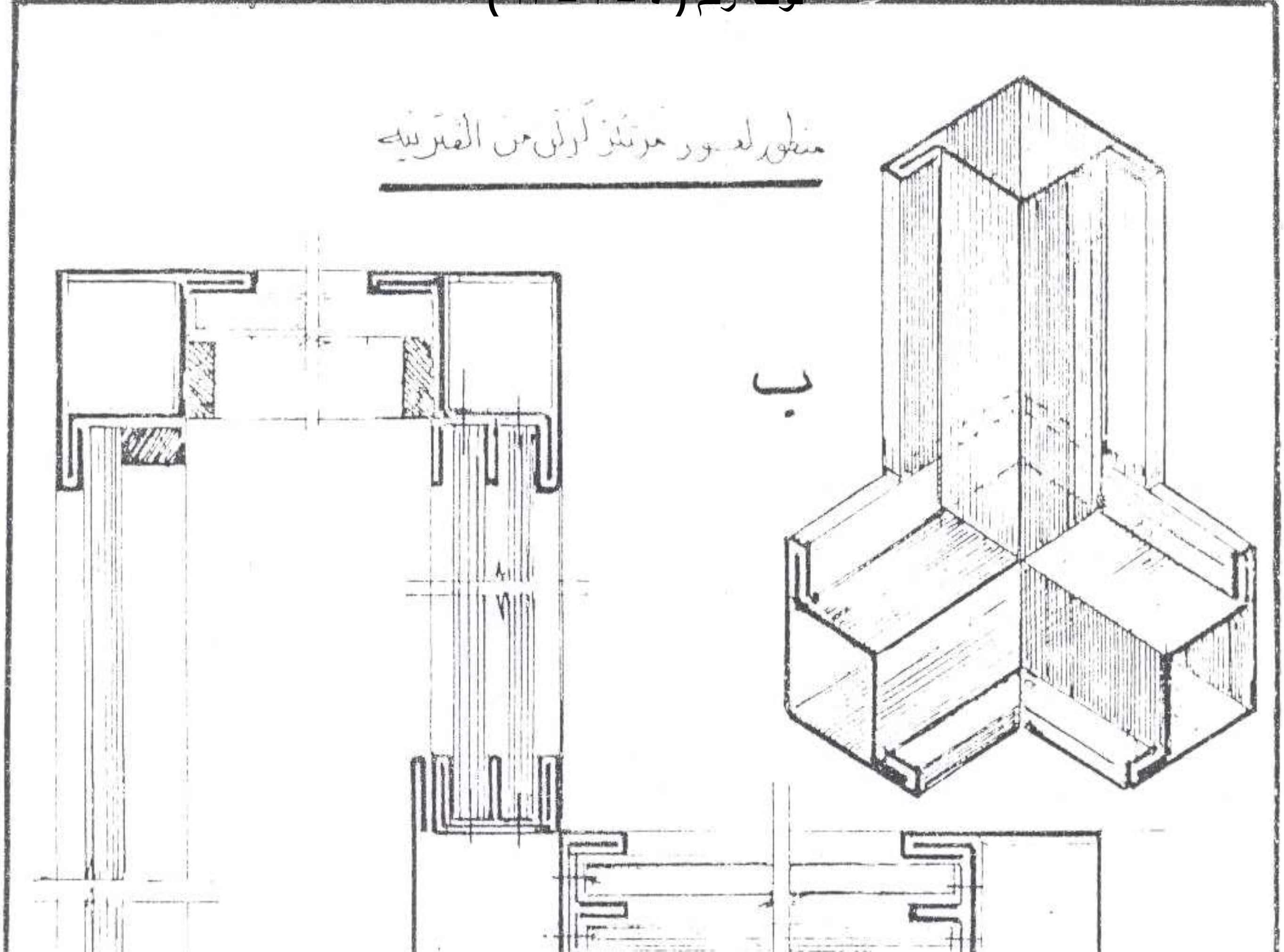
نموذج لركن دلفة لشباك منزلق من الالومنيوم



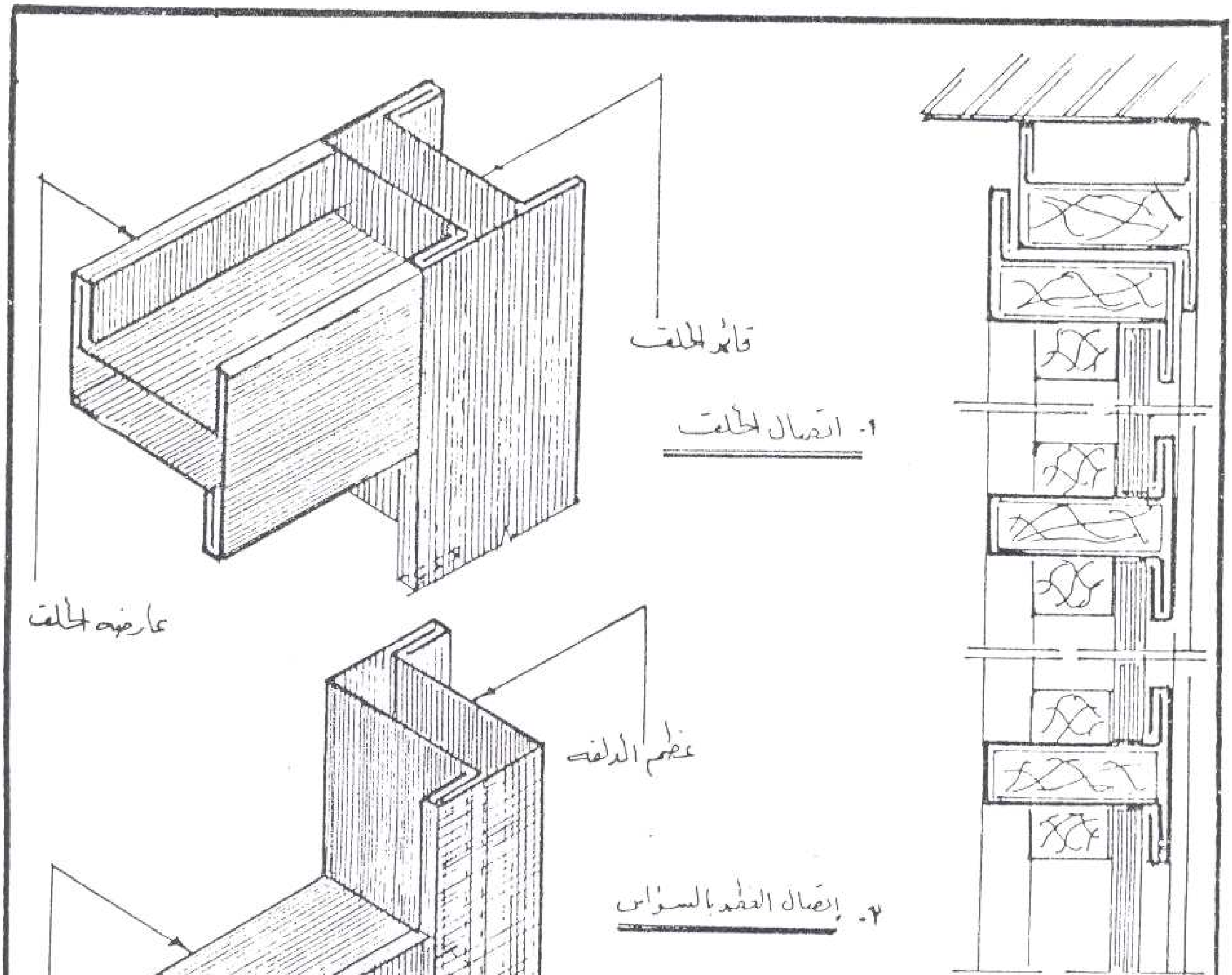
لوحة رقم (٤ – ٢ – ١٢)



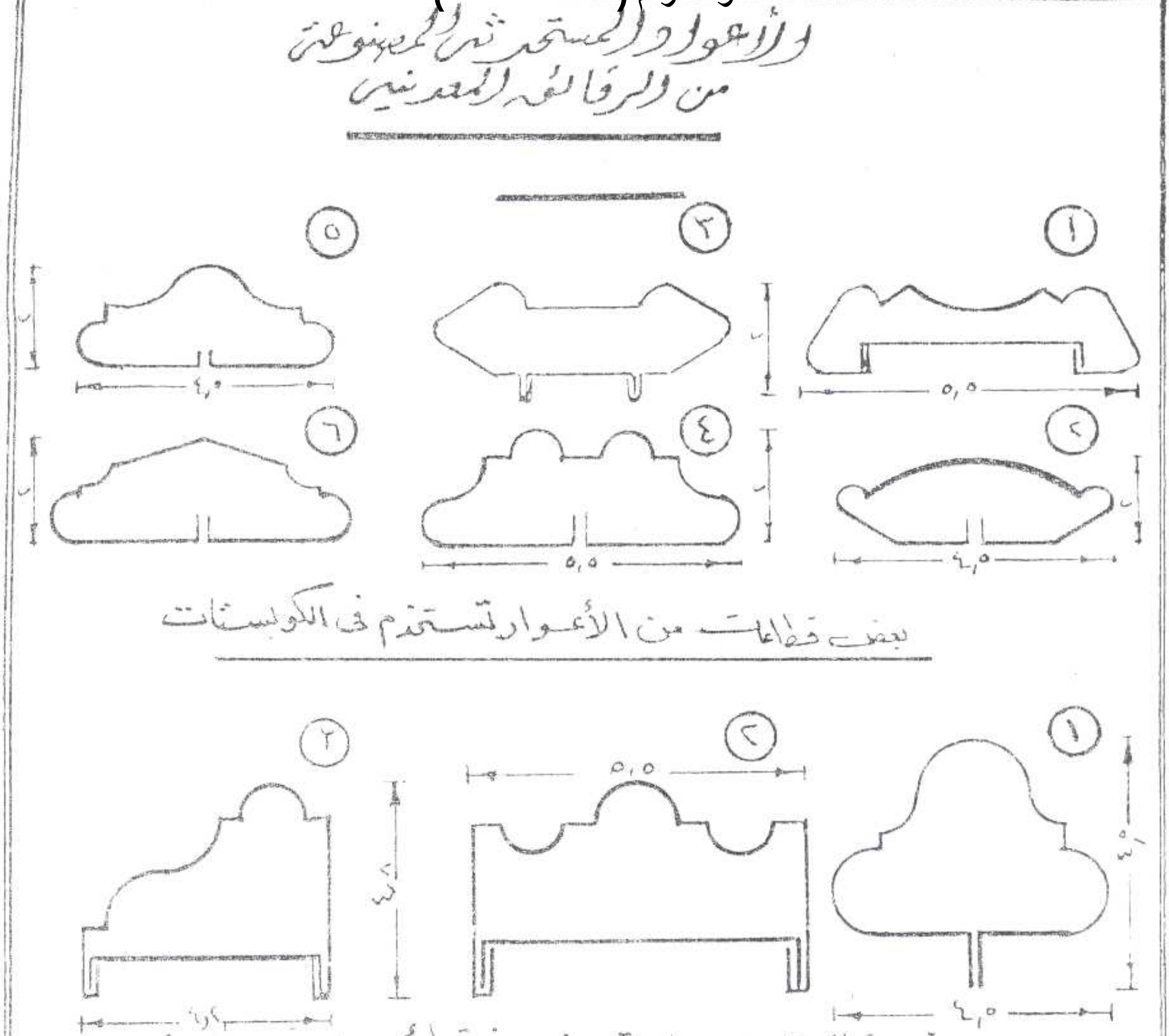
لوحة رقم (٤ – ٢ – ١٣)



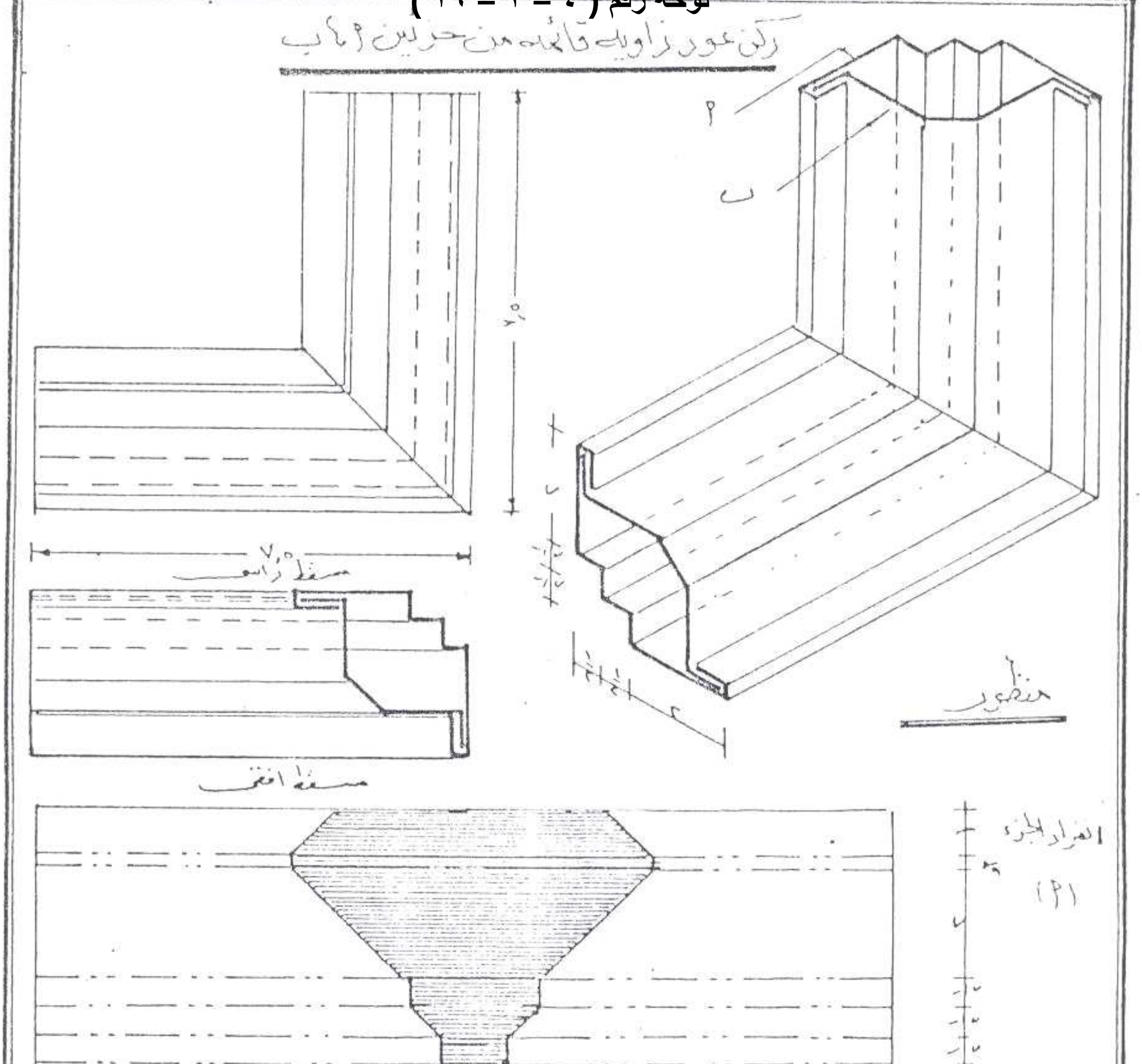
لوحة رقم (٤ – ٢ – ١٤)



لوحة رقم (٤ ـ ٢ ـ ١٥)



لوحة رقم (٤ ـ ٢ ـ ١٦)



لوحة رقم (٤ – ٢ – ١٧)

أسئلة على الباب الرابـع

س١- تكلم عن قطاعات الحديد المستعملة فى السوق المحلية مع الرسم ؟

س٢- تكلم باختصار عن ألواح الصاج المستخدمة فى صناعة الأبواب ؟

س٣- اذكر مواصفات كل ممايأتى :-

أ- الصاج الأسود

ب- ألواح الصلب الذى لايصدأ

ج- الصفيح

د- الصاج المجلفن

س٤- تكلم عن الطريقة السريعة لقياس تخانات الألواح - وضح إجابتك بالرسم ؟

س٥- تكلم باختصار عن ألواح النحاس الأحمر والأصفر ؟

س٦- تكلم عن ألواح الألومنيوم وكيفية تخميرها ، وأرقامها ؟

س٧- تكلم عن القطاعات الألومنيومية - مع رسم لقطاع واحد يستخدم فى كلاً من:-
اطارات الأبواب - مفصلات الدلف المتحركة - النوافذ المحورية ؟

س٨- ارسم منظور يوضح إتصال القائم بكلاً من:-
أ- السؤاس ب- العارضة

س٩- ماهى المواصفات الخاصة بقطاعات الحديد(الخوصة – الزاوية- الحرف:U) من حيث المقطع ووزن المتر الطولى ؟

س١٠- كيف يتم حساب وزن كلاً من الخامات الآتية فى السوق ؟
أ- قطاعات الحديد .
ب- ألواح الصاج.

الباب السادس

صناعة المواسير

٦-١ تشكيل المواسير غير الملحومة على الساخن ٠

٦-٢ طرق صناعة المواسير (الانابيب) الملحومة ٠

٦-٣ طرق صناعة المواسير من المعدن المنصهر – طريقة البثق ٠

صناعة المواسير

تعد صناعة المواسير المعدنية بالدرفلة أو اللحام بالسبائك الطردية (القصدير) او بالسبائك الصلدة (النحاس) أو بالتشكيل بالبثق أو السحب أو بمزيج من هذه الطرق ؛ كذلك تنتج المواسير بالسحب من المعدن المنصهر أو السباكة ٠ والجدير بالذكر عند ذلك أن المواسير يمكن أن تكون ذات مقطع مستدير أو مشكل أو ذات مقطع متغير المساحة سواء من حيث اختلاف القطر أو اختلاف سمك جدار الماسورة ٠ وتنتج المصانع الميتالورجية المواسير من الصلب الكربونى والسبائكى والصلب العالى السبائكية ومن المعادن والسبائك الغير حديدية ذات التركيب المعقد وكذلك تنتج بعض انواع المواسير من معدنين فى آن واحد (مواسير ثنائية المعدن) وانواع أخرى ٠
ولندرس الان اكثر الطرق انتشارا عند انتاج المواسير غير الملحومة والمواسير الملحومة بطرق تشيكل المعدن فى الحالة اللدنة ٠

٦- ١ تشكيل المواسير غير الملحومة على الساخن

عند انتاج المواسير غير الملحومة تكون العملية الاساسية الاولى عبارة عن ثقب فى صبة ذات مقطع مستدير أو كتلة اعدادية مع الحصول على ماسورة اعدادية ذات جدران سميكة ٠
وتعتبر عملية اعداد الماسورة الاعدادية المفرغة عملية هامة للغاية تعتمد عليها فى نهاية الامر جودة المنتجات الجاهزة وانتاجية اجهزة الدرفلة ٠ وفى الغالب تثقب الكتلة الاعدادية فى وحدات درفلة تقسم لتصميمها الى وحدات ذات درافيل مائلة ؛ ووحدات ذات اقراص ؛ ووحدات ذات درافيل على شكل عش الغراب ٠ أما الدرفلة التالية للماسورة الاعدادية اللازمة لتحويلها الى ماسورة بالقطر والسمك المطلوبين فيمكن أن تتم فى وحدة درفلة اوتوماتيكية أو وحدة درفلة مواسير غير ملحومة (وحدة بيلجر) أو وحدة درفلة مستمرة أو وحدة درفلة ذات ثلاث درافيل

الدرفلة فى وحدات درفلة اوتوماتيكية

يمكن بهذ الطريقة انتاج مواسير غير ملحومة ذات قطر فى حدود ٥٧ – ٤٢٦ مم وسمك فى حدود ٣ – ٣٠ مم ٠ وهذه الطريقة تعد من اكثر الطرق انتشارا

ويبين الشكل (٦-١-١) يبين رسما تخطيطيا لتوزيع معدات وحدة درفلة اوتوماتيكية تحتوى على ماكينتين للثقب وماكينة اوتوماتيكية واحدة لاعداد المواسير ذات القطر ١٤٠ – ٤٢٦ مم ٠ والمادة الاولية فى هذه الحالة عبارة عن كتلة اعدادية ذات مقطع مستدير ومنتجة بالدرفلة فى وحدات درفلة القطاعات الثقيلة أو الكتل الاعدادية للمواسير ٠

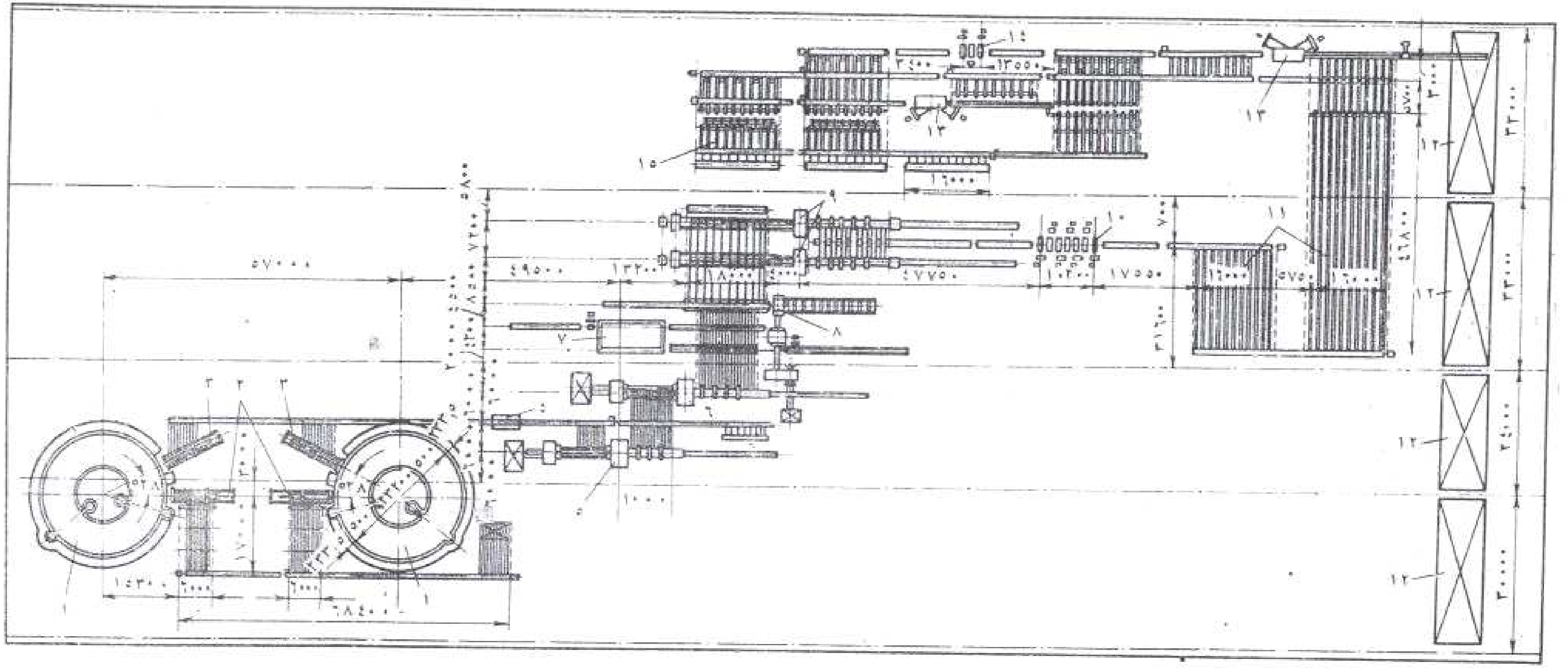
وقبل اجراء الدرفلة يسخن المعدن فى افران ذات ارضية دوارة على شكل قرص ٠

بعد ذلك يحدد موضع مركز الطرف الامامى بواسطة جهاز تحديد المراكز الذى يعمل بضغط الهواء (يتم عمل ثقب صغير فى المركز) وذلك لتقليل الاختلاف فى سمك جدران الماسورة الاعدادية عند ثقبها ؛ ولتحسين خطف الدرافيل للمعدن ؛ وبعد هذه العملية تنقل الماسورة الاعدادية الى وحدة التثقيب (التخريم) بالدرفلة وفى اثناء عملية الثقب يزداد طول الكتلة الاعدادية بمقدار حوالى ٢ – ٣.٥ مرة ٠ وعادة لايزيد اقصى مقدار للطول عن ٤.٥ مرة ٠

ويتم التشكيل التالى للماسورة الاعدادية فى وحدة الدرفلة الاوتوماتيكية ؛ وهى عبارة عن وحدة درفلة ثنائية لايعكس دورانها وتحتوى على ممرات مستديرة المقطع وموضوعة الواحد تلو الاخر ٠ وقبل ادخال المعدن بين الدرافيل يركب فى الممر قضيب تشكيل داخلى ؛ وهذا القضيب مثبت على قضيب تثبيت طويل بحيث يتحدد سمك جدار الماسورة الجارى درفلتها بمقدار الخلوص بين قضيب التشكيل الداخلى وبين الممر الموجود فى الدرفلين وفى هذه الحالة يتم تشكيل المعدن بين الدرافيل وقضيب التشكيل الداخلى بحيث يقل سمك جدران الماسورة ويقل قطرها الخارجى ٠ وبما أن اجراء مرحلة درفلة واحدة على قضيب التشكيل الداخلى لا يكفل تشكيل جدران الماسورة بشكل منتظم على امتداد محيطها ؛ فإن الدرفلة تجرى على مرحلتين وأحيانا على ثلاث مراحل ٠

وعند اجراء الدرفلة فى وحدات الدرفلة الاوتوماتيكية يعمل قضيب التشكيل الداخلى فى ظروف عسيرة ٠ ويرجع ذلك لتأثير درجة الحرارة وضغط الدرفلة الكبير ولوجود احتكاك الانزلاق بين قضيب التشكيل الداخلى وبين السطح الداخلى للماسورة ٠ لهذا ينزع قضيب التشكيل الداخلى بعد كل مرحلة ويبرد فى الماء ولتقليل معامل الاحتكاك بين الماسورة وبين قضيب التشكيل الداخلى ترش الماسورة من الداخل بملح الطعام أو بمخلوط من ملح الطعام والجرافيت ٠

وبما أن ماكينة الدرفلة فى الوحدة الاوتوماتيكية لاتعكس دورانها فبعد المرحلة الاولى يتطلب الامر اعادة الماسورة الى الجهة الامامية ٠ وهذه العملية تتم بشكل اوتوماتيكى بمساعدة اسطوانات التغذية العكسية الموضوعة فى الجهة الخلفية للماكينة والتى تدور فى اتجاه معاكس لاتجاه دوران الدرافيل ٠ فبعد الانتهاء من درفلة المعدن بين الدرافيل ؛ يرفع الدرفيل العلوى لزيادة الحيز الموجود بين الدرفلين بحيث يتوفر المكان اللازم لارجاع المواسير فى الاتجاه العكسى ٠ وفى نفس الوقت ينزع قضيب التثبيت بواسطة اداة نزع خاصة ٠

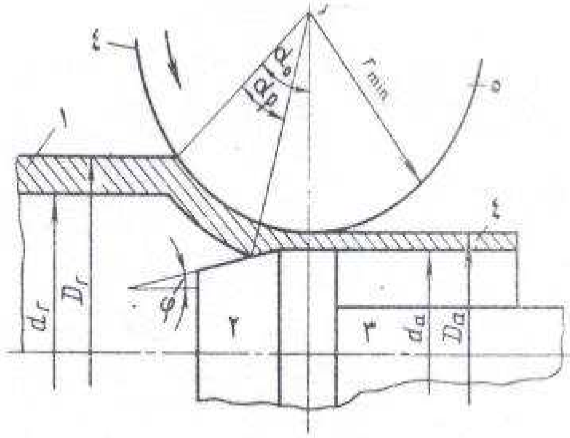


شكل (٦ ـ ١ ـ ١)

شكل • رسم تخطيطى لتوزيع معدات وحدة اوتوماتيكية لدرفلة المواسير محتوية على ماكينتين للثقب بالدرفلة: ١ ـ افران تسخين ذات قاع دوار ، ٢ ـ ماكينات شحن الكتل داخل الافران ، ٣ ـ ماكينات اخراج الكتل من الافران ، ٤ ـ جهاز عمل مركز (ذنبة) بمنتصف الكتل الاعدادية يعمل بضغط الهواء ، ٥ ـ ماكينة الثقب الاولى بالدرفلة ، ٦ ـ ماكينة الثقب الثانية بالدرفلة ، ٧ ـ فرن تسخين قبل ماكينة الدرفلة النهائية ، ٨ ـ ماكينة الدرفلة النهائية ، ٩ ـ ماكينات ضبط الشكل بالدرفلة ، ١٠ ـ ماكينات ضبط الابعاد ، ١١ ـ منضدة تبريد ، ١٢ ـ اوناش رفع قنطرية ، ١٣ ـ ماكينات استعدال ، ١٤ ـ ماكينات لضبط الابعاد على البارد ، ١٥ ـ مناضد مراقبة الجودة .

بعد ذلك تضغط الماسورة بين اسطوانة التغذية العكسية وبين الاسطوانة العليا وتنقل الماسورة تحت تأثير قوى الاحتكاك الى الجهة الامامية لوحدة الدرفلة ؛ ثم يركب قضيب تشكيل داخلى جديد وينزل الدرفيل العلوى الى وضع التشغيل وتدفع الماسورة بين الدرافيل لاجراء الدرفلة التالية

٠ وتكرر هذه العملية بالعدد اللازم من المرات حتى الحصول على الابعاد المطلوبة للماسورة ٠ (شكل ٦-١-٢)



رسم تخطيطـــى لدرفلـــة الماسورة فـــى ممـــر
وحدة الدرفلة الاوتوماتيكيـــة :
١ ــ الماسورة الاعدادية ، ٢ ــ قضيب تشكيل داخلى ، ٣ ــ
قضيب سند ، ٤ ــ الماســـورة ، ٥ ــ الدرفيـــل العلـــوى

شكل رقم (٦ ــ ١ ــ ٢)

الدرفلة فى وحدات بيلجر

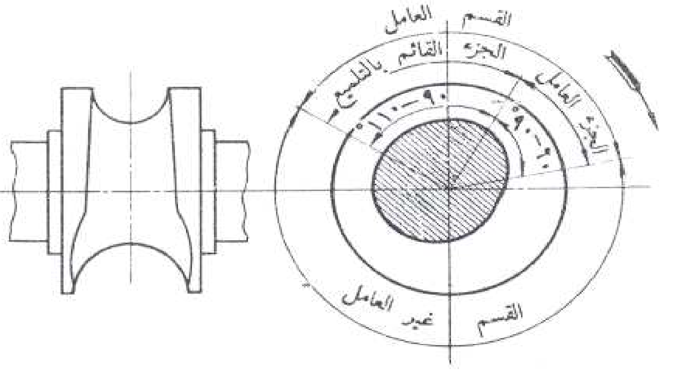
بهذه الطريقة تنتج المواسير غير الملحومة ذات القطر من ٤٨ ــ ٦٠٥ مم وسمك الجدار ٢.٢٥ ــ ٥٠ مم وقد انتشرت هذه الطريقة بشكل واسع ٠ مع العلم بان وحدات بيلجر تنتج الى جانب المواسير المستديرة المقطع مواسير مربع أو مسدسة المقطع بالاضافة الى انواع اخرى من المواسير ٠

والمادة الاولية المستخدمة فى ماكينات بيلجر عبارة عن ماسورة اعدادية سميكة الجدران يتم الحصول عليها بعمل ثقب فى صبة (كتلة) مستديرة المقطع ؛ وتتم عملية الثقب فى ماكينة درفلة ذات درافيل مائلة أو فى مكبس هيدروليكى أفقى ٠

ويوضع داخل الماسورة الاعدادية المثقوبة قضيب داخلى تتم عليه عملية درفلة الماسورة بين درفلين مركبين فى ماكينة بيلجر ٠ وهذه الماكينة تحتوى على درفيل متغير المقطع أى تحتوى على قناة ذات عرض وارتفاع متغيرين على امتداد محيطه وهذه القناة تنقسم الى جزئين :

١- جزء لا تجرى فيه الدرفلة (جزء اللاحمل) ؛ وفى هذا القسم يكون قطر الممر أكبر من قطر الماسورة الاعدادية الجارى درفلتها ٠

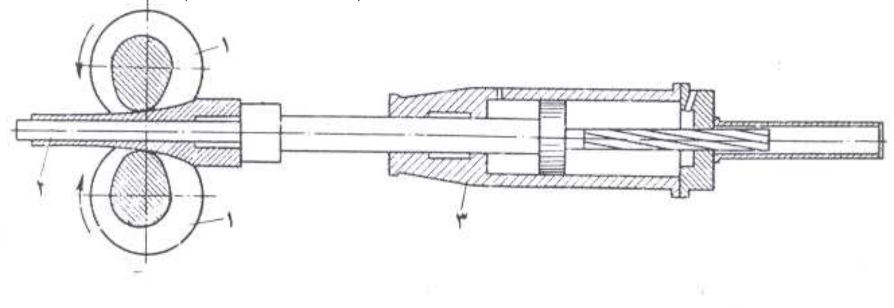
٢- جزء عامل وهو يتكون من منطقة عاملة ومنطقة صقل ٠(شكل ٦-١-٣)



ماكينة درفلة مواسير غير ملحومة (بيلجر)

شكل (٦ – ١ – ٣)

وتتلخص عملية الدرفلة فى ماكينة بيلجر فى ادخال الماسورة الاعدادية وبداخلها القضيب الداخلى بشكل دورى متكرر ٠ وعند الدوران تجرى عملية الدرفلة وتتحرك الماسورة الاعدادية فى اتجاه دوران الدرافيل أى فى اتجاه عكسى لحركة الماسورة الجارى درفلتها ٠ وعند ذلك تخفض المنطقة العاملة بالدرافيل من قطر الماسورة ٠(شكل ٦-١-٤)



رسم تخطيطى للدرفلة فى ماكينة بيلجر:
١ – درافيل بيلجر ، ٢ – قضيب داخلى ، ٣ – الية التغذية

شكل (٦ – ١ – ٤)

أما منطقة الصقل فتجعل ابعاد قطر وسمك الماسورة متساوية ٠ ويصل معامل زيادة الطول فى هذا النوع الى حوالى ١٠- ١٤ مرة ٠

وعند الدرفلة فى ماكينة بيلجر دائما ما يتبقى جزء خلفى غير مدرفل بالماسورة الاعدادية وهذا الجزء يقص بعد ذلك ٠

وبعد انتهاء الدرفلة ينزع القضيب الداخلى من الماسورة ويبرد فى حين يركب قضيب داخلى جديد فى ميكانيزم التغذية ٠ ويمكن بالدرفلة فى وحدات بيلجر الحصول على مواسير رخيصة وجيدة بدرجة كافية ٠

الدرفلة فى وحدات الدرفلة المستمرة :

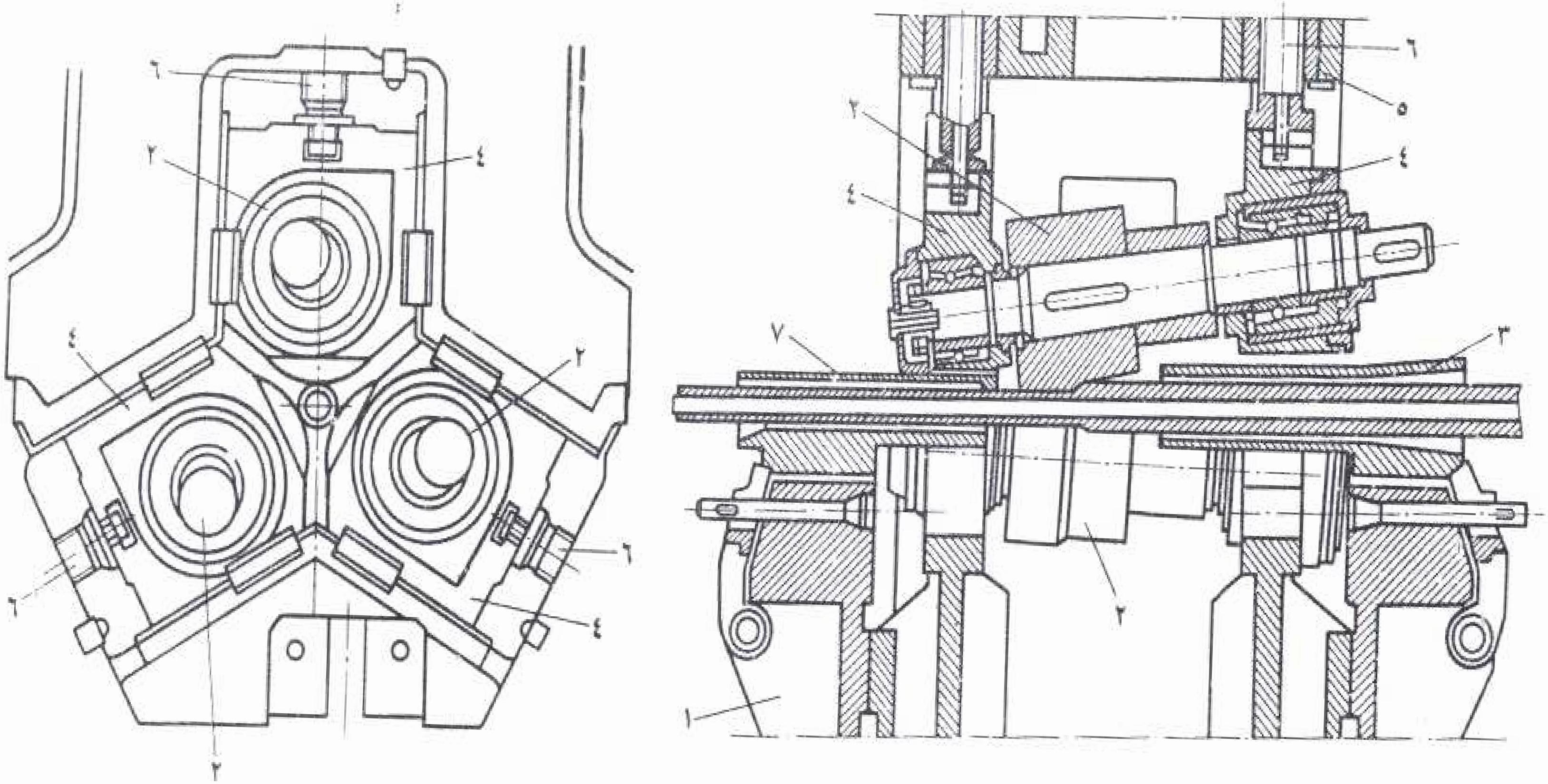
وتستخدم لانتاج المواسير بقطر ٢٩ – ١٠٨ مم وسمك من ٨ – ١٢ مم ٠ والمادة الاولية فى هذه الحالة عبارة عن كتلة اعدادية مستديرة المقطع وتثقب هذه الكتلة على الساخن لتحويلها الى ماسورة اعدادية وذلك فى وحدة ثقب بالدرفلة ذات درافيل مائلة ٠ اما الدرفلة التالية للماسورة الاعدادية فتجرى على قضيب تشكيل داخلى طويل فى وحدة درفلة مستمرة متكونة من ٧ – ٩ ماكينات عاملة وتدرفل المواسير الاعدادية فى وحدات الدرفلة المستمرة التى تعمل بشكل جيد بمعامل زيادة فى الطول قدره (٥ – ٧.٥) وبسرعة تصل الى ٦ متر / ث ٠ لهذا فإن انتاجية وحدات الدرفلة المستمرة تصل الى ٣٠٠- ٥٠٠ الف طن فى العام الواحد ٠

وبعد انتهاء الدرفلة فى وحدة الدرفلة المستمرة تنقل الماسورة وقضيب التشكيل الداخلى الى جهاز نزع القضيب الداخلى ٠ اما التشكيل التالى للمواسير فيتم فى وحدات ضبط الابعاد ٠

الدرفلة فى وحدات ذات ماكينات درفلة ثلاثية :

وتستخدم لانتاج المواسير ذات القطر ٣٤ – ٢٠٠ مم ؛ والتى يتراوح سمك جدرانها فى حدود ١٠- ٥٠ مم أو أكثر ٠ والكتل الاعدادية فى هذه الحالة عبارة عن كتل مستديرة المقطع تسخن ثم تثقب لتحويلها الى ماسورة اعدادية وذلك فى وحدة ثقب بالدرفلة ذات درافيل مائلة ٠ اما التشكيل التالى فيجرى على قضيب تشكيل داخلى فى ماكينة ثلاثية تتميز بان الدرافيل تركب فى القوائم على شكل مثلث متساوى الاضلاع وتميل محاور الدرافيل بزاوية قدرها (٧ – ١٠ ْ) على محور الدرفلة ؛ كما ان كل درفيل يركب بميل بالنسبة لمستوى تماثل نافذة قائمة الماكينة الامر الذى يؤدى الى ظهور زاوية تخالف محاور الدرافيل

(زاوية التغذية) ٠ وهذه الزاوية تتراوح عادة فى حدود (٤.٥ – ٧.٥ ْ) ٠ وهى تساعد على ظهور مركبة محورية لقوى الدرفلة وبالتالى يصبح من الممكن ان تتحرك الماسورة الجارى درفلتها حركة انتقالية فى اتجاه الدرفلة ٠ (شكل ٦-١-٥)



• ماكينة درفلة مواسير ثلاثية لضبط الشكل :

١ ـ الجزء السفلى من قائمة الماكينة ، ٢ ـ الدرافيل العاملة ، ٣ ـ موجهة دخول ، ٤ ـ وسائد كراسي التحميل ، ٥ ـ الجزء العلوى من القائمة ، ٦ ـ فتايل ، ٧ ـ موجهات خروج

شكل (٦ ـ ١ ـ ٥)

ويتم انتاج المواسير باستخدام الماكينة الثلاثية الدرافيل بمعامل زيادة فى الطول قدره ٣ ــ ٤ مرات ٠ بالاضافة الى ذلك تزداد دقة سمك جدران الماسورة فى هذه الحالة بمقدار ٢- ٢.٥ مرة بالمقارنة بالدرفلة الاوتوماتيكية أو فى وحدات بيلجر ٠

لهذا السبب فمن الملائم استخدام الوحدات ذات الدرافيل الثلاثية لانتاج المواسير التى تعرض فيما بعد للتشغيل الميكانيكى حيث تقل كمية المعدن المفقود ٠

وهناك طرق اخرى لانتاج المواسير الغير ملحومة على الساخن مثل اعداد المواسير فى وحدات جريدية (بها جريدة مسننة) ٠ وفى هذه الوحدات تؤخذ المواسير الاعدادية المثقوبة فى مكبس والتى يوجد بها قاع وتسحب على قضيب تشكيل داخلى خلال مجموعة من الحلقات أو الاطارات السطوانية التى يقل قطرها تدريجيا ٠ وتستخدم هذه الطريقة لاعداد المواسير التى يتراوح قطرها فى حدود ٥٧ ــ ٢١٩ مم وسمك جدرانها فى حدود ١.٥ ــ ٢.٥ مم أو اكثر ٠

كذلك انتشر انتاج المواسير غير الملحومة من بعض المعادن غير الحديدية (مثل النحاس وسبائكة) بطريقة التشكيل بالبثق مع السحب التالى فى وحدات سحب جريدية أو برميلية ٠

ولجعل المواسير المدرفلة على الساخن أو المشكلة بأى طريقة أخرى مطابقة للشروط القياسية والهندسية تعرض هذه المواسير لانواع مختلفة من المعالجات التالية مثل تشطيب الماسورة كلها (مثل قص الاطراف و الاستعدال والمعاملة الحرارية وضبط الابعاد والتلوين أو الطلاء بمواد أخرى مقاومة للتأكل الكيميائى وغير ذلك) أو تشطيب الاطراف فقط (مثل توسيع الاطراف وقطع اسنان قلاووظ وغير ذلك ٠

أنتاج المواسير غير الملحومة بالدرفلة على البارد

تستخدم فى مختلف انواع الماكينات والاجهزة مواسير ذات اسطح داخلية وخارجية مرتفعة الجودة والابعاد وأشكال عالية الدقة ٠ ولا يمكن انتاج هذه المواسير الا فى ظروف الدرفلة على البارد ٠ فبواسطة الدرفلة على البارد يمكن صناعة مواسير ذات جدران رقيقة يتراوح قطرها فى حدود ٠.٥ ــ ٢٥٠ مم وأكثر وسمك جدرانها فى حدود ٠.١ ــ ٢٠ مم أو أكثر ٠ والمادة الاولية عند ذلك عبارة عن مواسير مدرفلة على الساخن أو منتجة بالتشكيل بالبثق ٠ والطريقة الاكثر انتشارا عند انتاج المواسير المدرفلة على البارد هى الطريق التى تستخدم فيها وحدات ثنائية الدرافيل تعمل فيها ماكينة درفلة بنظام دورى ٠

والمواسير فى هذه الحالة تدرفل على قضيب تشكيل داخلى مخروطى غير متحرك ومركب داخل ممر موجود بقطع الدرفيل المثبتة بدورها فى الدرافيل العاملة ٠ ويتغير قطر القنوات على امتداد محيط القطعة وذلك ابتداء من قطر مساوى لقطر الماسورة الاعدادية حتى قطر يساوى قطر

الماسورة (المقاس النهائى) وتركب هذه الدرافيل فى اطار جاسئ يتحرك حركة انتقالية ترددية وذلك على عجلات تتحرك فوق قضبان ٠ وفى اثناء عملية الدرفلة يدور الدرفيلان دورانا متزامنا ، وهذا التزامن يتحقق بواسطة تروس مركبة على رقبتى الدرفيلين ومعشقة فيما بينها أما تروس الدرفيل الاسفل تدار بواسطة وسيلة ادارة خاصة وذلك لانها تكون معشقة مع جرائد مسننة مثبتة على زوائد موجهات قائمة الماكينة ٠

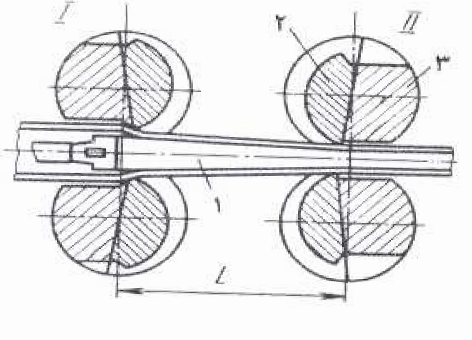
وفى حالة الشوط (المشوار) العامل ومع دوران القطع تقل مساحة الممرالموجود بينهما الامر الذى يساعد على تخفيض قطر وسمك الماسورة الاعدادية ٠ وتستخدم حدبات (كامات) خاصة لتغذية الماسورة بشكل دورى داخل الممر وذلك عندما يسمح الخلوص بذلك بين الدرفيلين بذلك وبعد عودة ماكينة الدرفلة الى وضعها الاول تعاد دورة الدرفلة مرة أخرى ٠

والوحدات الاساسية لوحدات درفلة المواسير على البارد عبارة عن ماكينة الدرفلة العاملة وميكانيزم ادارتها وجهاز تغذية وادارة الماسورة الاعدادية ٠

وبالاضافة الى وحدات الدرفلة الثنائية الدرافيل المستخدمة لدرفلة المواسير على البارد تستخدم ايضا وحدات درفلة ذات اسطوانات ووحدات الدرفلة العرضية ٠

وتجرى درفلة المواسير فى وحدات درفلة المواسير ذات الاسطوانات التى تتحرك فيها ماكينة الدرفلة العاملة حركة انتقالية مترددة على قضيب تشكيل داخلى اسطوانى بواسطة ثلاث أو اربع اسطوانات عاملة ٠ وتستخدم هذه الطريقة لانتاج المواسير رقيقة الجدران يساوى سمك جدارها ١/٥٠ أو اقل من القطر الخارجى للماسورة ٠

أما فى وحدات الدرفلة العرضية فتشكل المواسير بواسطة درافيل مشكلة وذلك على قضيب تشكيل داخلى اسطوانى الشكل أو مخروطى ؛ وهذه الطريقة تستخدم لاعداد المواسير الرقيقة الجدران والكبيرة القطر ٠(شكل ٦-١-٦)



رسم تخطيطى لدرفلة المواسير فى وحدة درفلة المواسير على البارد

شكل (٦ – ١ – ٦)

٦-٢ طرق صناعة المواسير (الانابيب) الملحومة ٠

انتاج المواسير الملحومة يعد أكثر سهولة وأقل تكاليف بالمقارنة بالمواسير غير الملحومة وتصنع المواسير الملحومة بطرق مختلفة مثل الطرق التالية :

اللحام بالضغط على الساخن :

ويستخدم اساسا لاعداد المواسير الملحومة تناكبيا التى يتراوح قطرها بين ١٠ – ١١٤ مم باللحام ٠ وسمك جدرانها من ٢ الى ٥ مم ٠

أما انتاج المواسير باللحام التناكبى فقط تقل قيمته الانتاجية بسبب قلة انتاجيتة وانخفاض جودة وصلات اللحام ٠

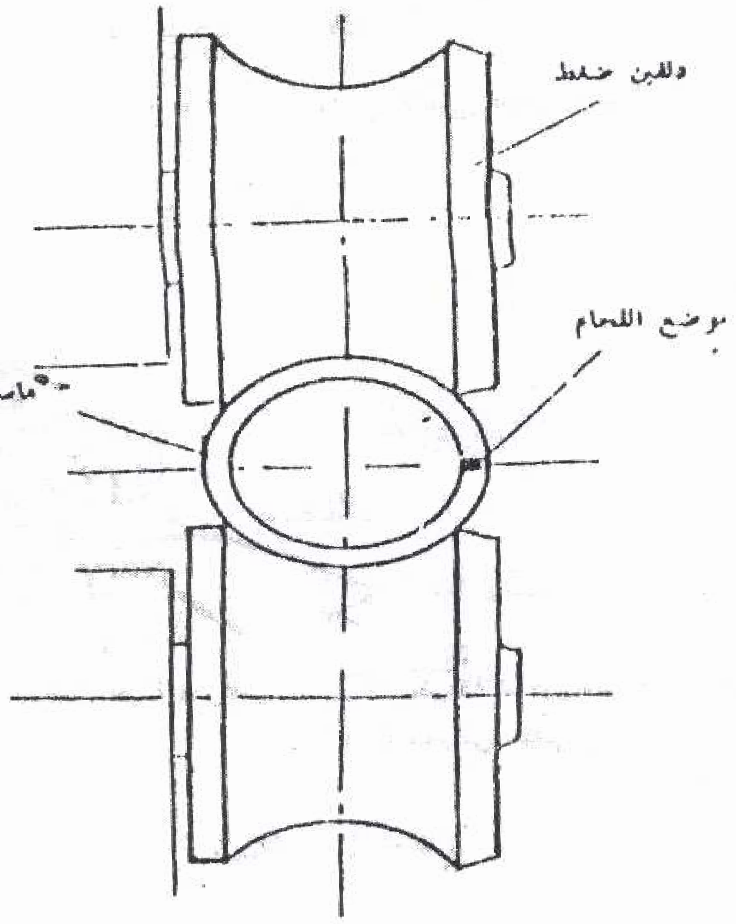
والمادة الاولية فى حالة انتاج المواسير الملحومة بالضغط على الساخن عبارة عن شرائح من الصلب الكربونى (حتى ٠.٤٥ % كربون) وتجرى عملية اللحام ذاتها فى وحدات مستمرة أو وحدات ذات جنازير ٠

وفى حالة انتاج المواسير فى وحدات ذات جنازير تسخن شرائح الصلب فى افران حتى ١٣٠٠ – ١٣٥٠ °م ثم تمسك بواسطة كماشات خاصة من طرفها وتسحب خلال قمع اللحام الذى يكون مقطعه الطولى على شكل قوس أو مخروطى أو اسطوانة ٠

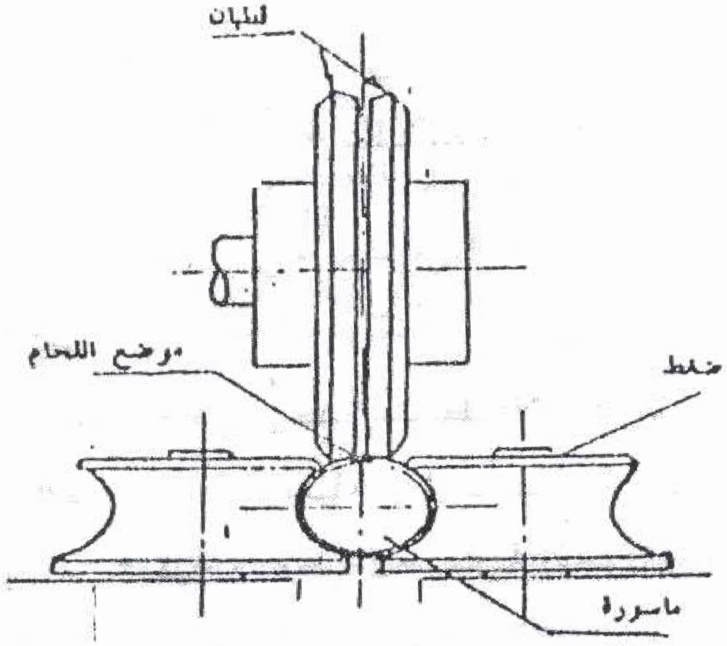
ويبدأ تشكيل اللوح على هيئة ماسورة قبل دخوله الى القمع أولا ، ومع مرور المعدن خلال قمع اللحام يزداد الضغط على جوانب الشريحة ويحدث الالتحام ٠

وماكينات الوحدات ذات الجنازير تحقق سرعات تصل الى ٢٠٠ متر فى الدقيقة ٠ إلا أن الوحدة المستمرة ذات الدرافيل تتفوق على الوحدات ذات الجنازير من الناحية الاقتصادية ومن الناحية الانتاجية ومن حيث الجودة ٠

وفى حالة الانتاج فى وحدات مستمرة تفك لفات الشرائح على بكرة فك خاصة ثم تدخل فى فرن تسخين ٠ وبعد الخروج من هذا الفرن تمر الشريحة على وحدة تشكيل ولحام متكونة من (٦ – ١٢) ماكينة ذات درافيل كابولية رأسية وأفقية متناوبة ؛ ويتم فى هذه الدرافيل التشكيل واللحام الذى يحدث تحت تأثير الضغط فى ممر اللحام ٠ ويتم لحام الطرف الخلفى لكل لفة مع الطرف الامامى للفة التالية ٠ الامر الذى يكفل استمرارية عملية التشكيل واللحام ٠ وفى العديد من الحالات تحتوى الوحدة المستمرة للحام المواسير بالضغط على الساخن على أجهزة تخفيض (تقليل) قطر الماسورة الامر الذى يرفع من انتاجية الوحدة كلها ؛ كما أن تخفيض القطر يؤدى الى زيادة تنوع المواسير المنتجة من حيث أقطارها ٠ (شكل ٦-٢-١)



لحام تناكبي (قورة في قورة)



اللحام الطولي لماسورة بالمقاومة الكهربية

شكل (٦ – ٢ – ١)

انتاج المواسير باللحام الكهربائى :

حظيت هذه الطريقة على استخدام واسع وذلك لانها تساعد على انتاج مواسير رقيقة الجدران (٠.٥ مم وأقل) وذات وصلة لحام جيدة وسطح مرتفع الجودة ٠

وهناك عدة طرق لاعداد المواسير فى الصناعة باللحام الكهربائى مثل اللحام التلامسى بالمقاومة الكهربية ولحام القوس الغاطس أو طريقة الصهر بالقوس التناكبى واللحام الحثى وغير ذلك من طرق اللحام الاخرى ٠

والمادة الاولية المستخدمة لانتاج المواسير باللحام الكهربائى عبارة عن شرائح معدة على هيئة لفات ثم تفك هذه اللفات وتقص وتستعدل ويتم معالجتها فى حمام حمضى إذا لزم الامر والدرفلة على البارد وكشط الحواف ولحام نهايتى لفة مع اللفة التالية ٠

مواسير باللحام بالمقاومة :

يستخدم اللحام بالمقاومة لانتاج المواسير والعملية التكنولوجية فى هذة الوحدة تتم فى ثلاث مناطق اساسية وهى المنطقة الاعدادية ومنطقة اللحام والتشكيل ومنطقة التشطيب ٠

وفى هذه الحالة تجرى عملية التشكيل واللحام الكهربائى كعملية مستمرة وتشكل الشرائح المدرفلة على الساخن والتى يزيد سمكها عن ١.٧٥ مم والمدرفلة على البارد التى يقل سمكها عن ١.٧٥ مم فى تسع ماكينات تشكيل بالدرافيل ذات وسيلة ادارة وماكينة واحدة بدون وسيلة ادارة ٠ ويتم لحام حواف الماسورة المشكلة فى ماكينة اللحام حيث تقترب الحواف من بعضها بواسطة اسطوانات ليس لها وسيلة ادارة ؛ أما الضغط اللازم للحام فى هذه الماكينة فينجم عن الكترودات لحام على شكل حلقات دوارة وبفعل التيار الكهربائى الذى توصله هذه الالكترودات النحاسية الدوارة تسخن حواف الشريحة ٠ ولاجراء اللحام الكهربائى يستخدم التيار المتردد المنخفض الفولت مما يساعد على زيادة سرعة اللحام حتى ٦٠ متر/ دقيقة ٠ وبعد الخروج من الماكينة يكون مقطع الماسورة بيضاويا بعض الشئ ٠ ولازالة هذه البيضاوية تدرفل الماسورة فى وحدة ضبط الابعاد التى تتكون من ثلاث ماكينات ذات درافيل أفقية تدور بوسيلة ادارة خاصة بالاضافة الى الدرافيل الافقية تحتوى كل ماكينة ايضا على درافيل رأسية بلا وسيلة ادارة ، وتقص المواسير بالاطوال المطلوبة بواسطة ماكينة قص اوتوماتيكية خاصة وذلك اثناء سير الشريحة ٠

وعند انتاج المواسير كبيرة القطر المستخدمة اساسا لنقل الغاز والبترول يستخدم اللحام بالقوس الكهربائى الغاطس تحت طبقة من مساعدات اللحام ٠ وفى هذه الحالة تكون وصلة اللحام مستقيمة أو حلزونية ٠

وعند اعداد المواسير باللحام بالقوس الكهربائى الغاطس مع عمل وصلة لحام مستقيمة تعرض الالواح للإعداد المناسب مثل الاستعدال والقص وكشط الحواف المراد لحامها ٠

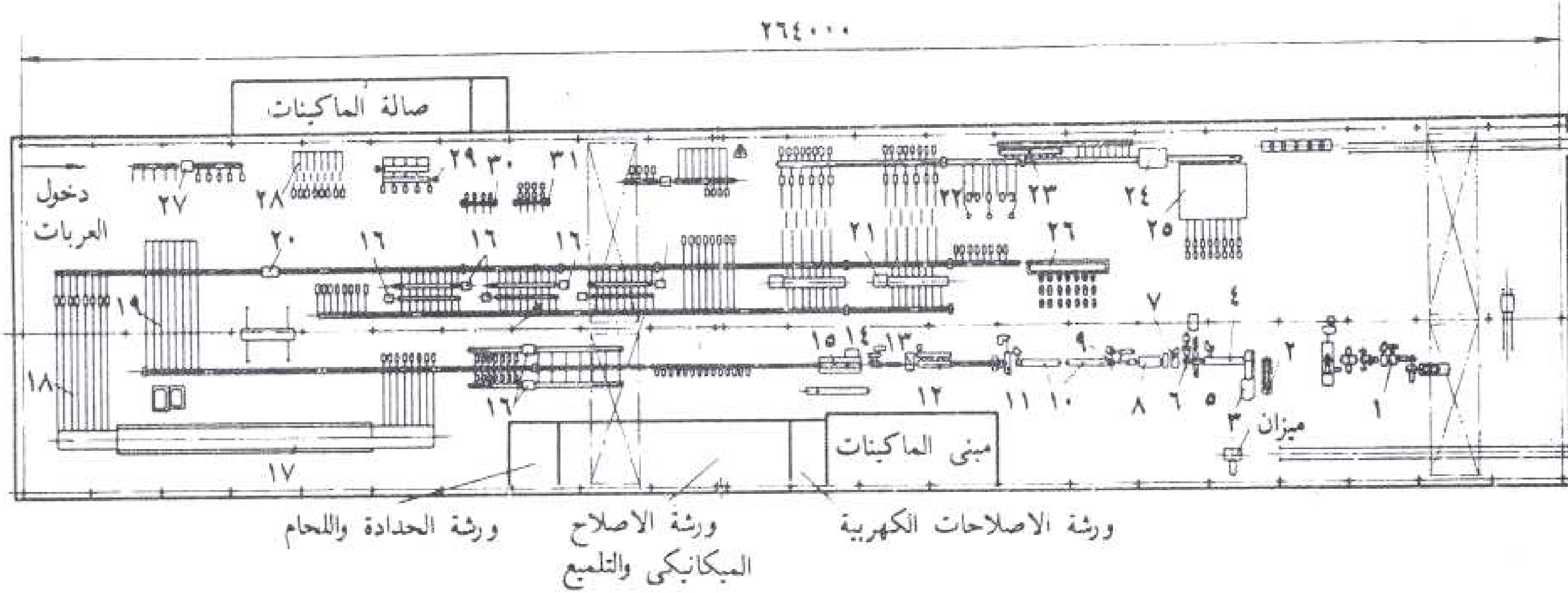
ويتم تشكيل الماسورة أو اجزائها اذا كانت الماسورة مصنوعة من لوحين أو ثلاثة بواسطة اسطوانات ثنى الالواح أو بالمكابس ٠ وينجز اللحام الداخلى والخارجى على التوالى فى ماكينة لحام خاصة ٠ والشكل الموضح يبين مخطط توزيع قسم انتاج المواسير الملحومة كهربيا (شكل ٦-٢-٢)

لانتاج المواسير ذات الوصلات الحلزونية عدة مميزات بالمقارنة بإنتاج المواسير ذات الوصلات المستقيمة ؛ حيث أن المعدات المستخدمة فى حالة الوصلات الحلزونية أكثر بساطة كما أن كمية المعدن المفقود تقل بمقدار عدة مرات ٠ كما أن يمكن انتاج مواسير مختلفة الاقطار من شرائح متساوية العرض وعلى العكس من ذلك يمكن انتاج مواسير متساوية القطر من الواح أو شرائح مختلفة العرض ٠

والعمليات الاساسية عند لحام المواسير بوصلات لحام حلزونية هى تشكيل المواسير ولحامها وقصها اثناء حركتها ٠ لهذا فان وحدة اللحام الحلزونى تتكون من ثلاثة مراحل اساسية :

١- مرحلة التغذية
٢- مرحلة التشكيل واللحام
٣- مرحلة القص

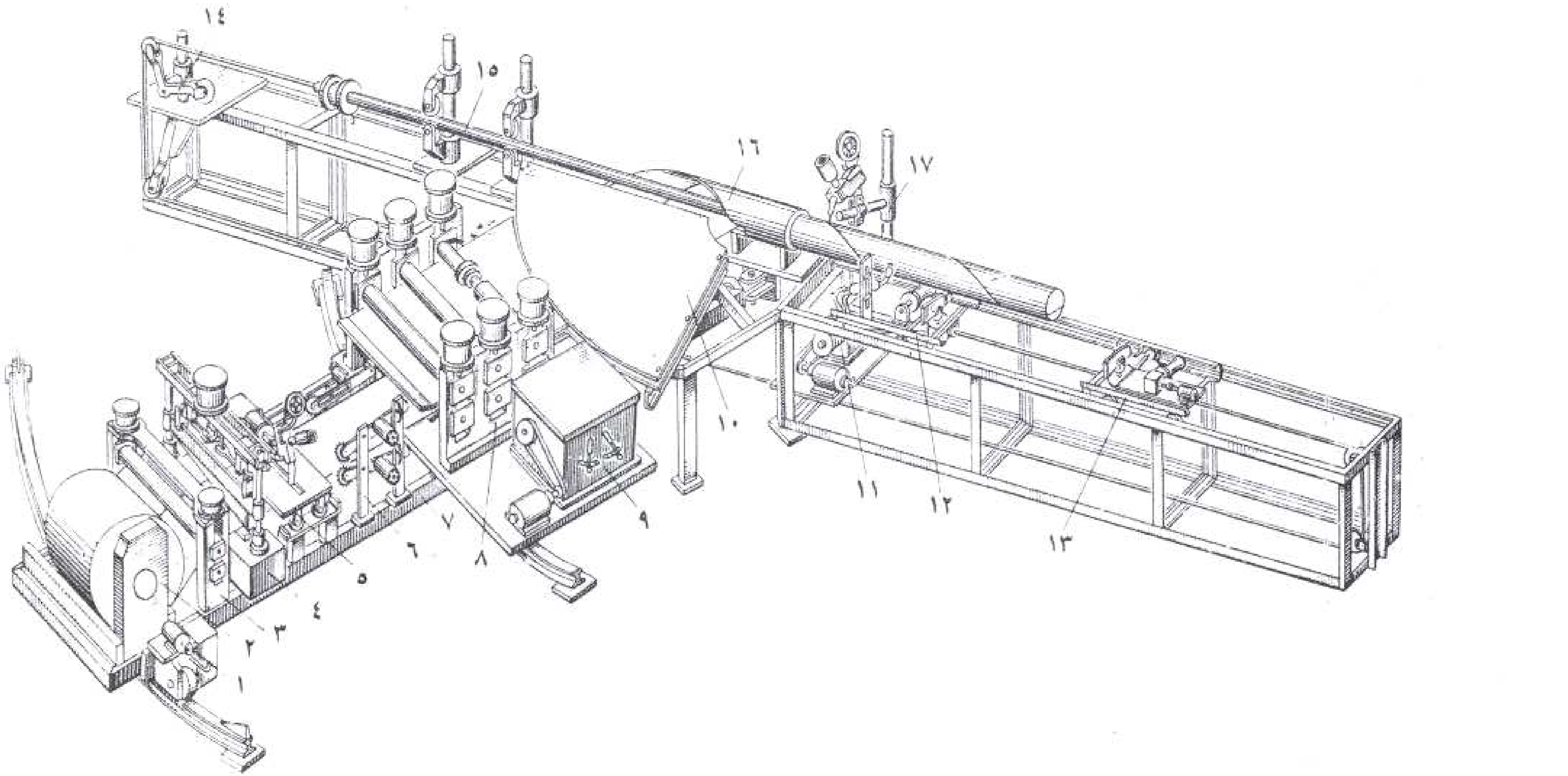
والشكل الموضح يبين رسم تخطيطى لانتاج المواسير ذات اللحام الحزونى (شكل ٦-٢-٣) وتتم مرحلة الغذية لفك لفة الشريط مع اعداد حواف الشريط (أى تنظيفها وتحزيزها) ثم دفع الشريط بالقوة اللازمة وبزاوية معينة فى مرحلة التشكيل واللحام الذى يستخدم بدوره لف الشريط على هيئة ماسورة حلزونية ثم لحام حواف الماسورة بوصلة لحام مصمتة ٠ وبما ان عملية تشكيل ولحام الماسورة يتم بشكل مستمر فان قص المواسير الى اطوال محددة بواسطة ازميل غازى يتم اثناء حركة الماسورة ٠ هذا مع العلم بان عملية القص – أى تشغيل الازميل الغازى وميكانيزم تحريكه وايقاف الازميل وارجاع كل مرحلة وحدة القص الى وضعها الابتدائى – تتم بشكل اوتوماتيكي خلال دورة واحدة من دورات الماسورة أى خلال خطوة واحدة من خطوات الحلزون ٠



• مخطط توزيع معدات قسم انتاج المواسير الملحومة كهربائيا التى تتراوح اقطارها فى حدود ٢٠ – ١٠٢ مم :

١ – وحدة القص الطولى للشريط ، ٢ – جهاز استلام اللفات ، ٣ – ونش دوار مثبت من جانب واحد ، ٤ – جهاز شحن ، ٥ – جهاز فك اللفات ، ٦ – ماكينة استعدال ، ٧ – مقصات بها تجهيزات لازالة بقايا المعدن المقصوص ، ٨ – ماكينة لحام تناكبى بها جهاز لازالة المعدن الزائد بوصلات اللحام ، ٩ – اسطوانتان لشد الشرائح ، ١٠ – حفرة لتجميع المعدن على شكل عقد ، ١١ – مقصات قرصية بها جهاز لتقطيع الاطراف المقصوصة ، ١٢ – وحدة تشكيل الماسورة ، ١٣ – ماكينة لحام المواسير ، ١٤ – وحدة ضبط الابعاد بالدرفلة ، ١٥ – وحدة قص طائرة لقص المواسير ، ١٦ – وحدة قص اطراف المواسير ، ١٧ – فرن ذو اسطوانات لاجراء عملية المعادلة ، ١٨ – منضدة تبريد ، ١٩ – سكة نقل ، ٢٠ – ماكينة استعدال ذات سبع اسطوانات للاستعدال ، ٢١ – مكبس لاجراء الاختبار الهيدروليكى للمواسير ، ٢٢ – ماكينة تجميع ، ٢٣ – جهاز غسل المواسير وازالة الدهون من سطحها ، ٢٤ – ماكينة دهان المواسير فى مجال كهربائى استاتى ، ٢٥ – مجفف المواسير بعد الدهان ، ٢٦ – جهاز لتزييت المواسير ، ٢٧ – ماكينة استعدال ذات اسطوانات ، ٢٨ – منضدة مراقبة جودة المواسير المشكلة ، ٢٩ – ماكينات قطع بواسطة احجار جلخ رقيقة ، ٣٠ – مكبس هيدروليكى لضبط ابعاد مواسير التوصيل المتفرعة ، ٣١ – ماكينة لمراقبة جودة مواسير التوصيل الطرفية المتفرعة

شكل (٦ – ٢ – ٢)



• رسم تخطيطى لانتاج المواسير ذات اللحام الحلزونـــــى :

١ ــ الية ادارة الاطار ، ٢ ــ جهاز فك الشرائح ، ٣ ــ اسطوانتا الاستلام ، ٤ ــ مقصات مفصلية ، ٥ ــ جهـــاز للحام التناكبى للشريط (للشريحة) ، ٦ ــ جهاز تنظيفى ، ٧ ــ اطار الية التغذية ، ٨ ــ ماكينة درافيل التشكيل ، ٩ ــ صندوق السرعات ، ١٠ ــ موجهات ثقبية ، ١١ ــ الية الاستعادة ، ١٢ ــ عربة بها ازميل قاطع ، ١٣ ــ عربة طرفية ، ١٤ ــ وحدة ادارة وضبط ، ١٥ ــ جهاز فك المقبض ، ١٦ ــ ماسورة تشكيل ، ١٧ ــ العمود العرضـــى لتثبيت رأس اللحــــــام

شكل (٦ ــ ٢ ــ ٣)

وبعد القص تعرض المواسير المقصوصة لعمليات التشطيب (مثل ضبط ابعاد الاطراف) ثم تجرى عليها الاختبارات بالطريقة الهيدروليكية ٠

ومن الممكن ان تكون وحدة لحام المواسير بواسطة اللحام الحلزونى متحركة وذلك بتركيبها على ماكينات نقل ؛ الامر الذى يساعد على استخدام الوحدة فى ظروف العمل المكشوفة (أى فى اماكن استخدام المواسير مباشرة) ٠

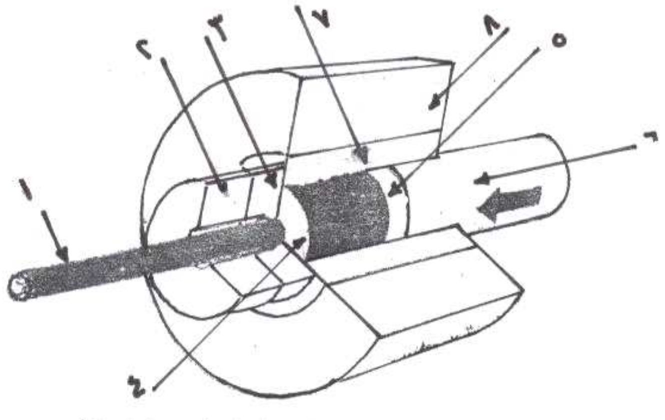
وتنتج المواسير المصنوعة من الصلب الاوستينيتى ومن النيكل وسبائكه وكذلك المصنوعة من المغنسيوم ومن المعادن غير الحديدية الاخرى باللحام بالقوس الكهربائى مع استخدام الارجون واحيانا الهيلوم كغاز واق ٠

٦-٣ طرق صناعة المواسير من المعدن المنصهر – طريقة البثق :

البثق (بالانجليزية (EXTRUSION) وهى عملية تشكيل للمعادن تستخدم لانتاج أعمدة بمقاطع ثابتة الشكل ؛ حيث يتم ضغط المادة المعدنية خلال فوهة البثق (اسطمبة) لها نفس الشكل المقطعى المطلوب ؛ ومن اهم مميزات عملية البثق عن العمليات الاخرى قدرتها على انتاج اشكال مقطعية غاية التعقيد كما انها تنتج منتجات نهائية ذات جودة سطح عالية ٠

قد تكون عملية البثق مستمرة لانتاج أطوال كبيرة أو غير مستمرة لانتاج اطوال قصيرة نسبيا ؛ وقد يتم التشكيل بالبثق على الساخن أو على البارد ٠

والشكل (٦-٣-١) يبين اساسيات عملية البثق



توضيح لأساسيات عمليات البثق

١- القطاع المبثوق ٢- وعاء حامل الخامة ٣- القالب ٤- الخامة المراد بثقها

٥- قرص الكبس ٦- المكبس ٧- قميص وعاء الكبس ٨- وعاء الكبس

شكل (٦ – ٣ – ١)

البثق على الساخن :

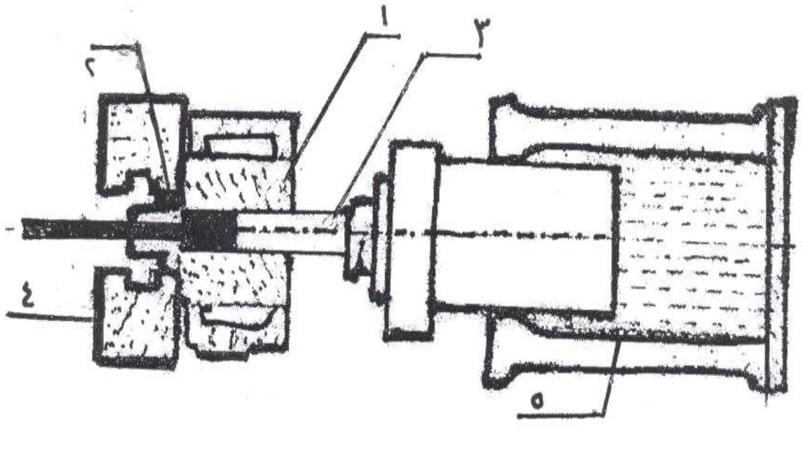
تتم عملية البثق فى الوعاء المسخن للحفاظ على المعدن من التصلب اثناء التشكيل ولتسهيل خروج المعدن من الاسطمبة تتم عمليات البثق على الساخن فى مكابس هيدروليكية أفقية لها قوة تحميل من ٢٥٠ الى ١٢٠٠ طن ؛ ويتراوح الضغط المؤثر على المكبس من ٥٠٠٠ الى ١٠٠٠٠٠ باوند لكل انش مربع ؛ وبالتالى قد يحتاج الى تزيت وقد يكون بالزيت أو بالجرافيت لتقليل درجة الحرارة أو قد يكون من الزجاج المطحون لتسخين العملية اثناء التشكيل ؛ ولكن بهذه الطريقة نتكلف علاج خشونة السطح بعمليات التشغيل

يوجد العديد من الخيارات المختلفة المستخدمة فى عملية البثق تتنوع كل منها بناء على القوى المؤثرة وكيفية التأثير واتجاهه ٠

١- تختلف حركة البثق بالنسبة لذراع الكبس فلو تحرك ذراع الكبس بالنسبة للإسطمبة يسمى بثق مباشرا ولو تحركت الإسطمبة بالنسبة للذراع سمى بثقا غير مباشر ٠
٢- قد يكون المكبس أفقيا أو رأسيا ٠
٣- قد يكون المكبس هيدروليكيا أو ميكانيكيا ٠
٤- قد تكون القوة المؤثرة استاتيكية أو ميكانيكية ٠

كما يمكن استخدام الاسطمبة العنكبوتية ؛ وهى اسطمبة ذات فتحات متعددة للانتاج المتنوع ٠

والشكل (٦-٣-٢) المبين يوضح ماكينة هيدروليكية للبثق المباشر



يوضح ماكينة بثق مباشر ومحتوياتها

١- وعاء يوضح بداخله الخامة   ٢- القالب وجراب القالب   ٣- المكبس الهيدروليكي

٤- دافع لطرد باقي الخامة بعد البثق من وعاء البثق (طلمبات تروس وتنك زيت)   ٥- المجموعة الهيدروليكية

شكل (٦ – ٣ – ٢)

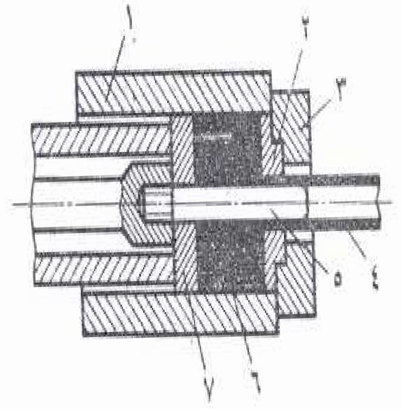
البثق المباشر :

يسمى ايضا بالبثق الامامى ؛ وهى الطريقة المستخدمة عادة فى الصناعة ٠ تتم العملية بوضع المادة الخام فى وعاء سميك (القالب) ؛ ثم تضغط المادة الخام باتجاه الاسطمبة ومن خلالها مع استخدام الشاقة ٠ ويوجد كتلة معدن تستخدم المرة بعد المرة للحجز بين الشاقة والمادة الخام والحفاظ عليهم منفصلين اثناء العملية ٠

من اهم عيوب البثق المباشر انه يتطلب قوى كبيرة بالمقارنة بالبثق الغير مباشر وهى قوة بثق المادة الخام وقوة لمقاومة الاحتكاك الناتج عن انتقال المادة الخام بطول الوعاء بسبب هذا فان القوى الكبيرة اللازمة لبدء العملية تقل تدريجيا بنفاد المادة الخام اثناء الاستمرار فى عملية البثق حتى تنعدم قوة الاحتكاك عندما يؤول عرض الوعاء لصفر أى عندما تنتهى المادة الخام تقريبا لكن فى الواقع يتبقى جزء من المعدن صغير جدا لايستخدم ٠

والشكل (٦-٣-٣) الموضح يبين طريقة بثق مباشر للقطاعات (المواسير) المفرغة باستخدام الشاقة

١- الوعاء ٠
٢- القالب (الاسطمبة) ٠
٣- جراب القالب (ماسك الاسطمبة) ٠
٤- المنتج المبثوق (ماسورة) ٠
٥- قضيب الثقب (شاقة أو أبرة) ٠
٦- الخامة قبل البثق (الصبة) ٠
٧- قرص البثق (قرص الكبس) ٠



• رسم تخطيطي لتشكيل المواسير بالبثق :
١ ـ الوعاء ، ٢ ـ الاسطمبة ، ٣ ـ ماسك الاسطمبة ، ٤ـ الماسورة،
٥ ـ ابرة (قضيب الثقب) ، ٦ ـ الصبـــة ، ٧ ـ قرص الكبـــس

شكل (٦ ــ ٣ ــ ٣)

البثق الغير مباشر :

يسمى البثق الغير مباشر ايضا بالبثق الخلفى ؛ حيث تكون حركة الوعاء والمادة الخام فى نفس الاتجاه ؛ وبهذا الشكل يتم اختزال القوى المطلوبة الى قوة البثق فقط ولا يتطلب قوة مقاومة الاحتكاك مما يؤدى الى هذه المميزات ٠

١- يتم اختزال من ٢٥ الى ٣٠ % من قوة الاحتكاك وبالتالى من الممكن استعمال كمية مادة خام أكبر بالاضافة الى زيادة القدرة على بثق مقاطع أصغر ٠

٢- يقل احتمال حدوث نواة للانهيار فى العملية وذلك لقلة كمية الحرارة الناتجة عن الاحتكاك

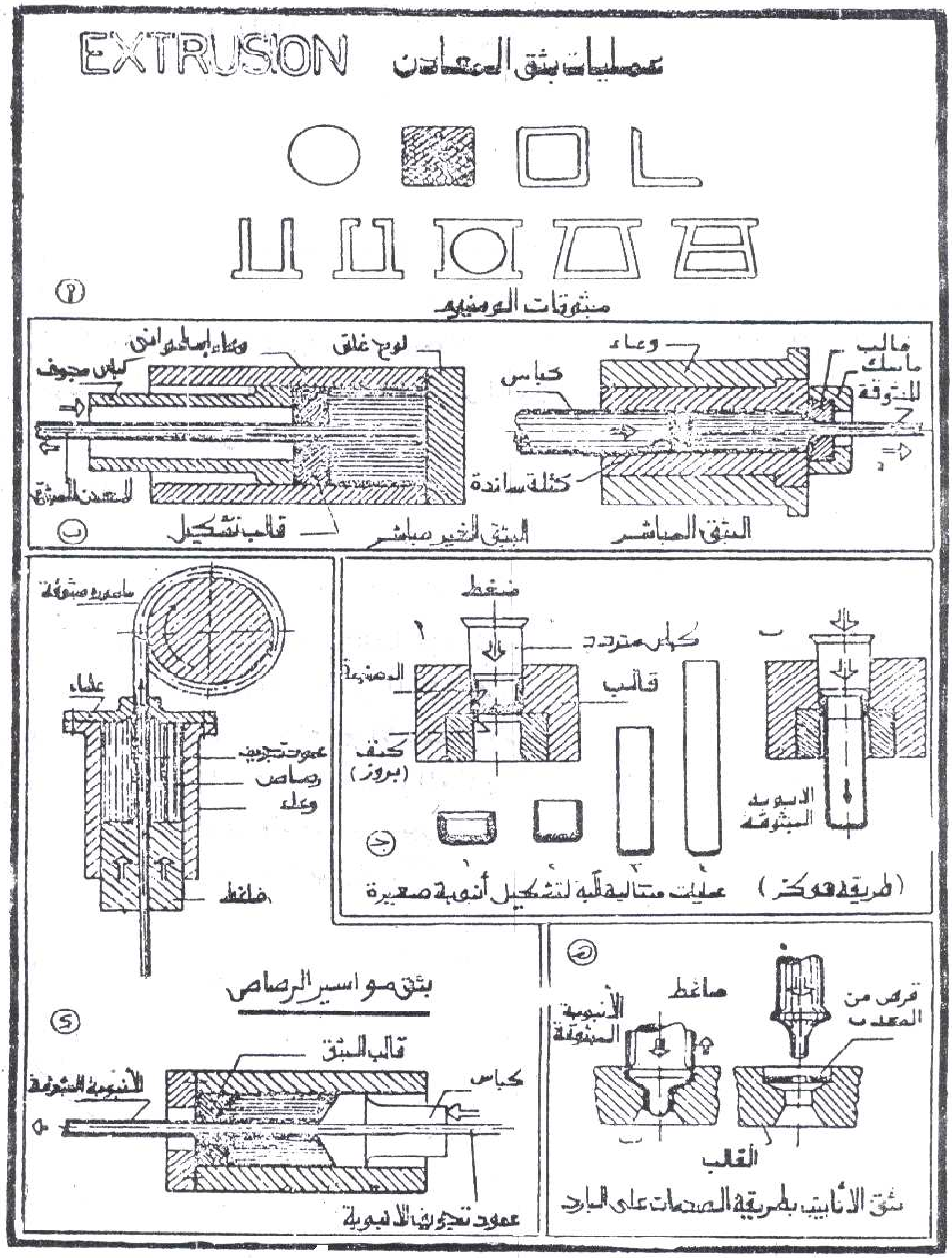
٣- يتم الحفاظ على الوعاء مدة أطول لعدم حدوث تأكل بسبب الاحتكاك ٠

وهذه العملية ليست متعددة الاستخدامات مثل البثق المباشر لان مساحة المقطع محددة بقيمة معينة ٠ كما هو موضح بالشكل (٦-٣-٤)

عيوب البثق :

١- شروخ السطح : وتحدث عندما ينفصل السطح المبثوق من الاسطمبة وقد تكون اسبابه زيادة درجة الحرارة أو سرعة البثق أو قوة الاحتكاك فى العملية وقد يحدث ايضا ان كانت درجة الحرارة منخفضة بحيث يلتصق المعدن بالاسطمبة اثناء الخروج ٠

٢- شروخ داخلية : عند تولد شروخ داخل المعدن فانها تتجمع عند خط المنتصف مكونة حالة اجهاد شد هيدروستاتيكى مشابه لما يحدث فى عينة اختبار الشد ٠


EXTRUSION
عمليات بثق المعادن
مبثوقات الومنيوم
البثق المباشر
البثق الغير مباشر
قالب تشكيل
كباس
وعاء
كتلة ساندة
لوح غلق
كباس مجوف
طريقة هوكر
عمليات متتالية لتشكيل أنبوبة صغيرة
بثق مواسير الرصاص
رصاص
ضاغط
قالب البثق
عمود تجويف الانبوبة
بثق الأنابيب بطريقة الصدمات على البارد
القالب
قرص من المعدن

شكل (٦ – ٣ – ٤)

اسئلة على الباب السادس

س١- وضح طريقة درفلة المواسير فى وحدات الدرفلة الاتوماتيكية ؟

س٢- اشرح كيفية الحصول على المواسير بدون لحام من وحدات بيلجر ؟

س٣- بين كيف يمكن الحصول على المواسير من وحدات الدرفلة المستمرة ؟

س٤- أشرح كيفية أنتاج المواسير الغير ملحومة بالدرفلة على البارد ؟

س٥- أكتب ما تعرفة عن درفلة المواسير على الماكينات ثلاثية الدرافيل ؟

س٦- أذكر طرق أنتاج صناعة المواسير الملحومة (الانابيب) ؟

س٧- وضح طريقة انتاج المواسير بإستخدام اللحام الكهربى ؟

س٨- أشرح طريقة انتاج المواسير بإسلوب اللحام بالمقاومة الكهربية ؟

س٩- ما هى العمليات الاساسية عند اللحام الحلزونى للمواسير ؟

س١٠- ما هى الطرق المختلفة لانتاج المواسير بالبثق ؟

س١١- أشرح طريقة أنتاج المواسير المفرغة بالبثق المباشر ؟

س١٢- كيف يمكن الحصول على المواسير المفرغة بطريقة البثق الغير المباشر ؟

س١٣- ما هى عيوب البثق ؟

الباب السابع

٧-١النظريات المختلفة لتآكل المعادن وطرق الوقايةمنـها:

- (الدهان)
- (الأكسدة)
- (الطـلاء)
- (الجلفنـة)
- (القصدرة)

مقدمة:

تتآكل أسطح المعادن الموجودة فى حالة تفاعل كيميا ئى أوكهروكيميائى مع الوسط الخا رجى ويسمى مثل هذا التآكل(بالصدأ) ، إلاأنه ومع إنتشارالصناعات المعدنية المختلفة والتقد م الهائل لوسائل تكنولوجياالإنتاج فى السنوات الأخيرة ، وارتباط هذه الصناعة إرتباطاً وثيقاً بعصب الإقتصاد فى دول كثيرة ، فقد تقدمت أيضاً وسا ئل تكنولوجيا التعامل مع االتآكل بالصدأ وكيفية مقاومته بعد التعرف على طبيعته و أسباب حدوثه ، وما قد يسببه من أضرار.

أضرار الصدأ:

يسبب الصدأ خسائر جسيمة للإقتصاد القومى ، إذ يدمر كمية ضخمة من المنشآت والماكينات المعدنية .

طبيعة الصدأ :

هوتحويل المعدن إلى أكاسيده أوأملاحه أومركبات أخرى وذلك نتيجة لتفاعل كيميائى أوكهروكيميائى بين المعدن والبيئة المحيطة به،وهذه الأكاسيد أو المركبات تكون فى المعتاد هشة ورديئة فى خواصها الميكانيكية التى يتصف بها المعدن .

صورالصدأ :

١- تشويه مظهر المعدن(بريقه) أوشكله .

٢- تآكل شديد فى المعدن يؤدى به إلى إنهيار أوكسر للجزء تحت إجهادات منخفضة .

٣- قدر ضئيل من الصدأ لا يُرى بالنظرالمجرد.

٤-تغير فى لون سطح المعدن أوإضمحلال بريقه .

يطلق على الحالتين ٣،٤ (العتامة)

* والمادة تتعرض للصدأ إذاتعرت أوتعرضت للأجواء المحيطة بها مثل الهواء وغازات الإحتراق والأحماض والقلويات ومحاليل الأملاح وقد يتم ذلك فى درجات حرارة الجو المعتادة أودونها فىدرجات الحرارة المرتفعة كما هوالحال فى الأفران والمراجل وغرف الإحتراق وماشابهها .

* ومعظم حالات الصدأ تتم بحدوث تفاعل كهروكيميائى(يصحبه مرورإلكترونات أثناء التفاعل) والنادر منها يتم بتفاعل كيميائى بحت ولوأن مرور إلكترونات التفاعل لاينعدم بل يظل فى حدود ضيقة .

ويمكن إيجاز معظم حالات التفاعلات التى تتم مع الفلزات فى الحالات الآتية :ــ

١- إتحاد فلز ولافلز بدون وجود ماء مثل حالات تأكسد الحديد فى درجات الحرارة العالية .

٢- إتحاد الفلز بالأكسجين فى وجود ماء كماهو الحال فحالات الصدأ العادية للحديد فى ظروف الجو المعتادة بنسبة معينة من الرطوبة ودرجات الحرارة المعتادة(الحديد لايصدأ فى درجات الحرارة المنخفضة فى الهواء الجاف)
٣- يمكن أن يحل الفلز محل الهيدروجين فى الماء الذى يحتوى عادة على بعض المواد غير العضوية كصدأ الحديد عند غمره فى الماء وغالباً مايتحد الأكسجين الذائب فى الماء مع الهيدروجين الناتج من التقاعل .
٤- يمكن أن يحل الفلز محل الهيدروجين فى الأحماض أو محاليلها (بطرد الهيدروجين) كالتفاعل الذى يتم بين حامض الكبريتيك والحديد أوبين الفضة وكبريتور الهيدروجين فى وجود الماء فى كلا الحالتين حيث سطح الفضة اللامع معتماً .
٥- أن يحل الفلز محل أيونات فلز آخر(محلول ملح) مثال ذلك:تغطية الحديد بطبقة من النحاس صدأعند غمر الحديد فى محلول كبريتات النحاس .

أنواع الصــدأ

١- الصدأ الكيميائى:

يحدث الصدأ الكيميائى بسبب تقاعل المعدن مع الغازات الجافة والسوائل العازلة دون ظهور تيار كهربائى مثل تأكسد صمامات العادم بمحركات الإحتراق الداخلى ومواسير العادم ومصبعات النار بالمواقد والوصلات الداخلية الميكانيكية التسخين بأفران الحدادة والمعاملة الحرارية ومأأشبه .

٢- الصدأ الكهروكيميائى:

وينشأ نتيجة لظهورالتيارالكهربائى نتيجة للتفاعل بين المعدن والإلكتروليتات المحيطة به:مثل صدأالصلب والزهر وغيرها من السبائك فى الجوالرطب وفى ماء البحر والأحماض والقلويات والمحاليل الملحية وفى الأرض .

نظرية الصدأبالتفاعل الكهروكيميائى :

يمكن تفسيركل حالات الصدأ على ضوء نظرية التفاعل الكهروكيميائى التى تتصف بسريان أو إنتقال الإلكترونات أثناء التفاعل وحدوث الصدأ وبادراك أسس هذ النظرية يمكن حل مشاكل الصدأ وتجنب حدوثه أوعلى الأقل خفض معدله إلى حدود مقبولة.
وتتأسس هذه النظرية على وجوب تحقيق ثلاث شروط لتكوين خلايا التفاعل الكهروكيميائى التى تسبب الصدأ وهى :ـ

١- يجب أن يهئ الفلز علىسطحه منطقتين على الأقل ليتكون منهما قطبا التفاعل وليمر بينهما الألكترونات (مرور تيار كهربى) عبر المحلول الوسيط الإلكتروليتى .

٢- أن يكون المحلول الإلكتروليتى والفلز قابلين لتوصيل الإلكترونات .

٣- أن توجد قوة دافعة للإلكترونات ليمر تيار بواسطتها (تياركهربى) .

وهذه الشروط يمكن أن تتحقق بالتأين الحادث عند بدء التفاعل على النحو التالى :

تأين الفلزات (المعادن) فى المحاليل:

عند ذوبان ملح فى محلول فإن ذراته الذائبة فى المحلول تعطى جزءاً من إلكتروناتها وتبقى هذه الذرات فى صورة آيونات موجبة فى المحلول نتيجة لنقص المدار الإلكترونى الخارجى ويطلق على المحلول الحامل لها (الوسط المجاور لها) إلكتروليت .

فالشبكة البللورية للمعدن تتكون آيونات موجبة الشحنة موجودة بأركان الشبكة البللورية والإلكترونات الحرة المتحركة فى المعدن كله ويمكن أن تنفصل الآيونات الموجبة الشحنة عن سطح المعدن وتنتقل (تسرى) فى المحلول المجاور (الإلكتروليت) بينما يصبح الجزء الباقى مشحوناً بشحنة سالبة تعادل الآيونات السابحة فى الإلكتروليت ـ وبالتالى يتولد فرق فى الجهد بين الفلز (المعدن) والمحلول الإلكتروليتى .

وبالتالى يتولد فرق فى الجهد بين الفلز (المعدن) والمحلول الإلكتروليتى (يكون دليلاً على ميل المعدن للذوبان) ويسمى بالجهد القطبى وتتوقف قيمته أساساً علىتركيب الفلز وتركيب الإلكتروليت .

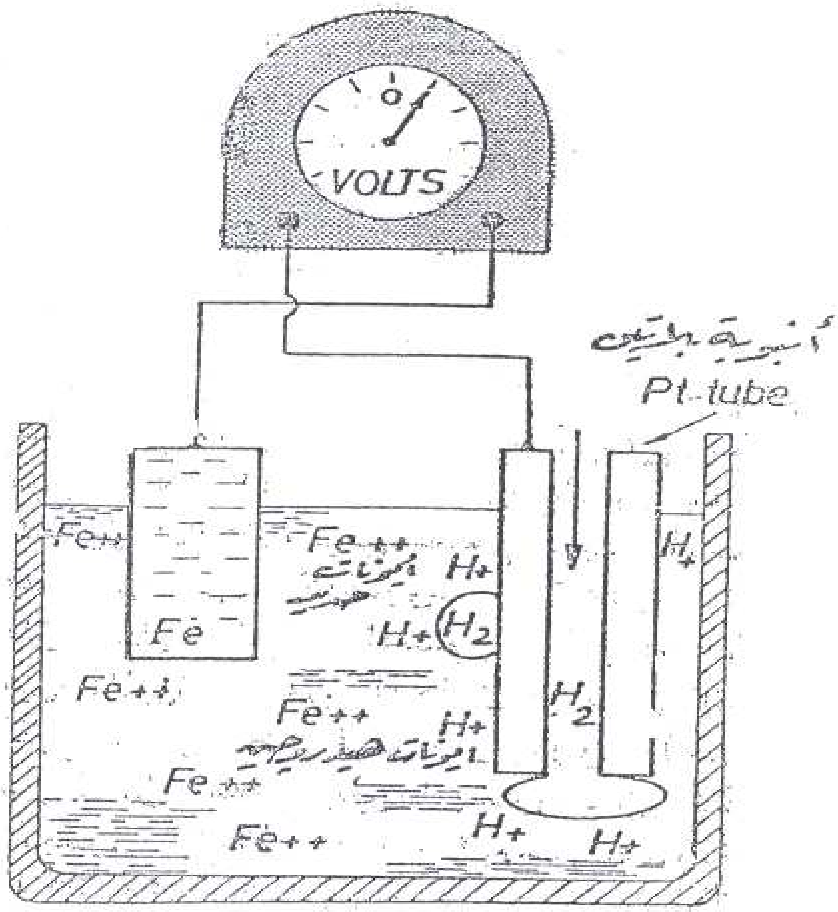
قياس الجهد القطبى للفلز (المعدن) :ــ

يحدد الجهد القطبى للمعدن بمقارنته بجهد الهيدروجين وهو قطب قياسى وهو المعتبر مساوياً للصفر شكل (٧-١-١) وبجدول رقم (٧-١) أوردنا قيمة الجهد القطبى لبعض المعادن مقاسة بالنسبة للجهد القطبي للهيدروجين كأساس للمقارنة فى تسلسل قياسى لفرق الجهد القطبى يسمى (بالسلسلة الكهروكيميائية) .

جدول رقم(٧-١) : تسلسل فرق جهد القطب (السلسلة الكهروكيميائية)

العنصــر	الجهد العادى بالنسبة للهيدروجين	فرق الجهد القطبى (v)
الذهب	١٥٠+	قطب مهبط
الزئبق	٠.٨٦+	↑
الفضة	٠.٨٠+	
النحاس	٠.٣٣٤+	
البيزموت	٠.٢٢١+	
الأنتيمون	٠.٢٠٠+	
الهيدروجين	٠.٠٠٠+	قطب المقارنة
الرصاص	٠.١٢٧-	↓
القصدير	٠.١٣٦-	
النيكل	٠.٢٣-	
الكوبالت	٠.٢٧-	
الحديد	٠.٤٣٩-	
الكروم	٠.٥١-	
الزنك	٠.٧٦٢-	
المنجنيز	١.١٠-	
الألومنيوم	١.٣٠-	
المغنسيوم	١.٥٥-	
الصوديوم	٢.٧١-	
الكالسيوم	٢٠٧٦-	
البوتاسيوم	٢.٩٢-	قطب مصعد

جدول رقم(٧-١) : تسلسل فرق جهد القطب (السلسلة الكهروكيميائية)



تجربة قيمة الجهد القطبي

شكـل رقم (٧-١-١)

وعلى ضوء هذا التسلسل فى فرق الجهد يمكن معرفة :

* مدى قابلية الفلز (المعدن) للصدأ أى قابلية الفلزات ومدى فعاليتها للإتحاد باللا فلزات مثل الأوكسوجين والكبريت ولذلك فهى توجد فى الطبيعة متحدة معها .

**أنه بعكس تلك الفلزات التى تقع فى قاع السلسلة مثل الذهب والفضة والبلاتين أى التى تظل فى فعاليتها للإتحاد باللافلزات فإنها توجد فى الطبيعة فى حالة نقية ، وتوضح هذه (السلسلة الكهروكيميائية).

*** أن المعادن الموجودة فوق الهيدروجين فى هذه السلسلة ذات جهد موجب ولذا فهى صعبة الذوبان كلما كان جهده السالب أكبر.

**** المعادن النقية والسبائك الوحيدة الطور(ذات جهد كهربى واحد) تقاوم الصدأ ،أما السبائك التى تتكون بنيتها من عدة أطوار ذات جهود مختلفة فهى عبارة عن عمود كهربائى متناهى فى الصغر كثيرالأقطاب ولذا فهى سهلة الصدا.

والمحاليل الموصلة للكهرباء (إلكتروليت) هى سوائل موصلة للكهرباء ومياه البحر والملح المرشوش على الطرق والأمطار الحامضية من أشهر الأمثلة اليومية على ذلك :

فإن الأجزاء المصنوعة من معدنين أوأكثرُ تكون عموداً كهربائياً متناهياً فى الصغر فيصبح المعدن المنخفض الجهد مصعداً وتآكل بسرعة فى حين لا يتآكل المعدن الأعلى جهداً لقيامه بدور المهبط . وعلى سبيل المثال:ـــ

١- عند تلامس الحديد مع الزنك (طلاء الحديد بالزنك) يذوب الزنك وهو هنا المصعد فى الإلكتروليت (يتآكل) فى حين لايتآكل الحديد (المهبط) .

٢- عند تلامس القصدير مع الحديد فإن الحديد يصبح مصعداً ويتآكل (يصدأ) أما القصدير فيصبح مهبطاً ولايتآكل .

- ويمكن أن يكون المعدن إيجابياً أوسلبياً بالنسبة لتأثير المحاليل (الإليكتروليتات) ، وتتحدد إيجابية المعدن بتآكله فى محلول الصدأ كتآكل الحديد فى وسط مؤكسد عند الدرجات العالية الحرارة.
- ويصبح الحديد والألومنيوم والكروم وغيرها سلبية بعد أن تؤثر عليها الأوساط المؤكسدة (بيكرومات البوتاسيوم) ، (محلول النوشادر) .أى أنها أنها تتوقف عن الصدأ .

وهذا ينجم عن تكون غلاف واحد على سطح المعدن من الأكاسيد مثل لون التطبيع أو لو٢ أ٣ على سطح الألومنيوم .

وخلايا التفاعل الكهروكيميائى يمكن تقسيمها إلى نوعين :ـــ

١- خلايا جلفانية .

٢- خلايا التركيزالمتباين .

وتنقسم خلايا التركيزالمتباين بدورها إلى خلايا تركيز آيونات فلزية وخلايا تركيز إكسوجين

الصدأ فى الخلايا الجلفانية الفردية :ـ

المحاليل المائية تعتبر من الوجهة الكهروكيميائية متعادلة بمعنى أن مجموع شحنات الآيونات الموجبة يتساوى ومجموع شحنات الآيونات السالبة .

أما عند غمر فلز فى المحلول فإن ذلك يجلب للمحلول آيونات فلزية الأمر الذى يتسبب فى تغيير الوقف الحيادى للشحنة .ولإعادة التعادل إلى ماكان عليه نحتاج إلى إضافة آيونات سالبة من مصدر خارجى أونزع آيونات موجبة من المحلول .

وفى الخلايا الفلزية الفردية يكون نزع آيونات موجبة من المحلول هو الأمر الممكن لعدم وجود مصدر خارجى لآيونات سالبة، ويمكن أن تكون الآيونات المنزوعة فى هذه الحالة إما من فلز آخر (من الملح) أومن الهيدروجين . ولذلك تميل الفلزات التى تقع فوق الهيدروجين فى سلسلة فرق جهد القطب إلى أن تحل محله فى المحلول .

مثال ذلك :ـ

$$Fe^{++} + 2H^{+} + 2(OH)^{+} \longrightarrow Fe(OH)_2 + 2H^{+}$$

وتهاجر آيونات الهيدروجين الموجبة المزاحة إلى الفلز الغاطس لتعادل الشحنة السالبة الباقية ويتحقق الإتزان وفى هذه الحالة (خلية فلز فردى) يطلق علي منطقة الفلز التى تتلقى الهيدروجين بالمهبط بينما المناطق المجاورة التى فيها يتحلل الفلز يطلق عليها المصعد وبذلك تكتمل الخلية من مهبط ومصعد وإلكتروليت .

١- الخلايا الجلفانية :ـ

وتتكون عندما يتصل فلزان مختلفان بعضهما ببعض إتصالاً كهربياً بعد غمرها فى محلول إلكتروليتى ويمثل المصعد فى هذه الخلايا ذوجهد القطب المرتفع حيث يسهل مهاجمته وبمجرد ذوبانه يترسب على المهبط كمية كهروكيميائية معادلة من الهيدروجين أو الفلز أى أن المصعد يذوب بينما يحمى المهبط .

ويصاحب ذوبان المصعد فى المحلول وتحوله إلى آيونات تحرير عدد من الإلكترونات والتى يمكن أن تسرى بتوصيل كهربى خارجى إلى المهبط وتعادل الآيونات الموجبة المترسبة

عليه من المحلول. ويبدو فى التطبيق العملى لذلك مثال واضح عند ربط أوبرشمة ألواح الصلب فى أبدان السفن بمسامير رباط برشام نحاسية حيث يمثل الصلب المصعد الذى يتآكل بالصدأ .

وتناسب معدل الصدأ والتآكل بفعل الخلايا الجلفانية طردياً مع النسبة بين مساحة المهبط إلى مساحة المصعد . أى أن الخلايا التى يكون فيها المصعد صغيراً فى مساحته بالنسبة للمهبط يحدث فيها تآكل المصعد بسرعة . ولذلك يكون التآكل فى ألواح الصلب
(مساحتها كبيرة) المبرشمة أو المربوطة بمسامير نحاسية (مساحتها صغيرة) بطيئا بعكس ألواح النحاس المبرشمة بمسامير صلب حيث تتآكل مسامير الصلب بسرعة فائقة .

٢- خلايا التركيز المتباين :ـً

تتكون عندما يتصل قطبان من فلزواحد إتصالاً كهربائيا بعد غمرها فى محلول مختلف التركيزمن الأوكسجين أومحلول إلكتروليتى وفى هذه الحالة يسهل مهاجمة القطب الذى يقع عند التركيز المنخفض ويكون المصعد هو الذى يتآكل ،بينما يحمى القطب الآخر
(المهبط) .

أنواع خلايا التركيز:

* خلايا تركيز الآيونات الفلزية :

وفيها تتناسب قابلية ذوبان الفلز تناسبا عكسياً مع تركيزآيونات هذا الفلز فى المحلول .

* خلايا تركيز الأوكسوجين :

هنا يختلف الأمر فى كون الإختلاف فى تركيز الأوكسوجين المذاب دون الإختلاف فى تركيز آيونات الفلز هى التى تسيطر على طبيعة الخلية ،وبالتالى تمثل المنطقة التى تتميزبضعف تركيز الأوكسوجين المصعد بينما يكون المهبط عند المنطقة التى يقوى فيها تركيز الأوكسوجين

مثال على ذلك :

نجد أن ألواح الصلب المغمورة فى الماء بالقرب من سطحه لاتصدأ بالسرعة التى تصدأ بها عند غمرها على أعماق بعيدة عن السطح حيث تكون فرصة تجديد الأوكسوجين الذائب فى الماء ضئيلة فى هذه الأعماق على عكس السطح الذى يتجدد أوكسوجينه الذائب فى الجو باستمرار .

وجدول رقم (٧-٢) يوضح للتسلسل العملى لبعض الفلزات والسبائك الشائعة عند صدئها بتأثير ماء البحر .

تسلسل الفلزات عند تكوين خلايا جلفانية (فى ماء البحر)	
القمة (قابلية عظمى للصدأ) مصعد	القصدير
المغنسيوم وسبائكه	العملات النحاسية
الزنك	منجنيز برونز
الصلب المجلفن	النحاس الأصفر (للبحرية)
الألومنيوم	النيكل
الكادميوم	النحاس الأصفر
الصلب الطرى	الألومنيوم برونز
الحديد الزهر	النحاس الأحمر
سبائك الصلب 13% Cr	السيليكون برونز
لحام القصدير- رصاص (50%)	سبائك نحاس نيكل (70-30)
الصلب المقاوم للصدأ (18-8)	القـــاع (مقاومة للصـــدأ) مهبط
الرصاص	

جدول رقم (٧-٢)

أنواع التآكل بالصدأ :ـــ

ينقسم التآكل بالصدأ إلى ثلاثة أنواع هى :

أولاً: الصدأ المنتظم :ـــ

وتبدو ظاهره فى تآكل منتظم للمعدن على كل سطحه ويحدث هذا فى المعادن أو السبائك ذات البنية الوحيدة الطور (المعادن النقية ، والمحاليل الصلبة ، والمركبات الكيميائية) .

ثانياً: الصدأ المكانى :ـــ

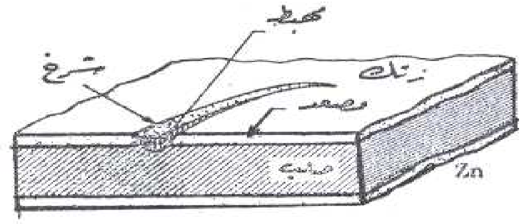
ويتآكل أثنائه المعدن فى أماكن متفرقة من السطح مسبباً حفراً قد تنمو وتؤدى إلى ثقب الألواح إذا كانت تخانتها محدودة (سمك صغير) وتلاحظ هذه الظاهرة بصفة خاصة فى سبائك الألومنيوم والنحاس والصلب المقاوم للصدأ ، كما يمكن أن يحدث ذلك فى الفلزات النقية (نقاوة تجارية) لوجود بعض الشوائب التى يختلف قطبها عن جهد قطب الفلز النقى ويحدث بينها تفاعل كهرو كيميائى فتمثل تلك الشوائب (المصعد) ويتركز عندها الصدأ لصغر مساحتها بالنسبة لمساحة بقية سطح الفلز (مهبط) كما تسبب الخدوش والحزوز السطحية صدأ َمكانياً إذ

تكون فى هذه الأماكن ظروف مناسبة لتكون الأعمدة الكهربائية المتنامية فى الصغر، أنظر شكل (٧-١-٢) .

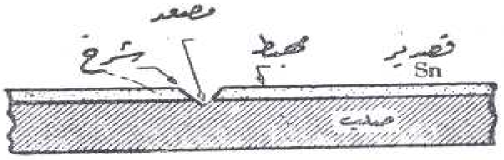
ثالثاً: الصدأ بين البللورات:ــ

ويتميز بانتشار الصدأ على حدود حبيبات المعدن ويرجع السبب فى ذلك لحدوث تفاعل كهروكيميائى فيكون جهد حدود الحبيبات أقل (مصعد) وجهد الحبيبات أعلى (مهبط) ، وهذا النوع من الصدأ هو أكثر الأنواع خطراً لأنه ينتشر فى أعماق المعدن ولايسبب أى تغيير ملموس على سطح المعدن . وتتعرض لهذا النوع من الصدأ أنواع الصلب النيكل- كرومية وسبائك الألومنيوم وهى التى يمكن أن تفرز أطواراً منتشرة .

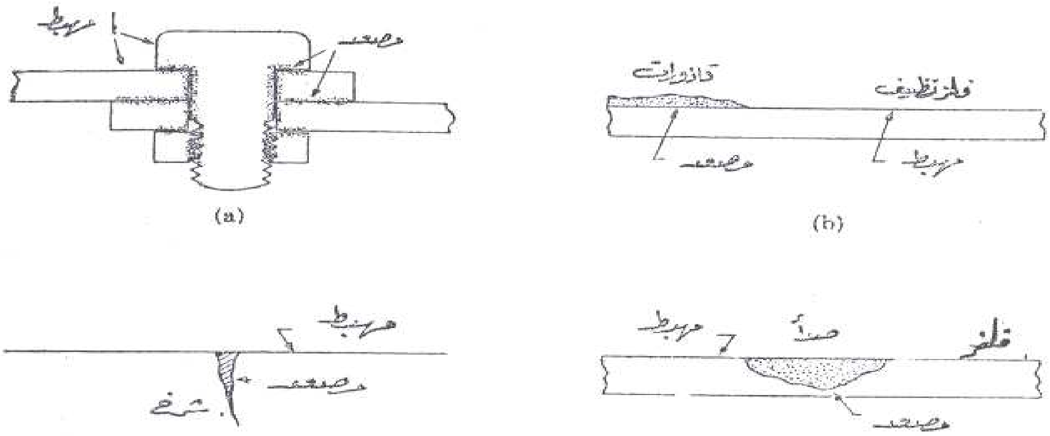
أنظر الأشكال: (٧-١-٣) ، (٧-١-٤) ، (٧-١-٥)



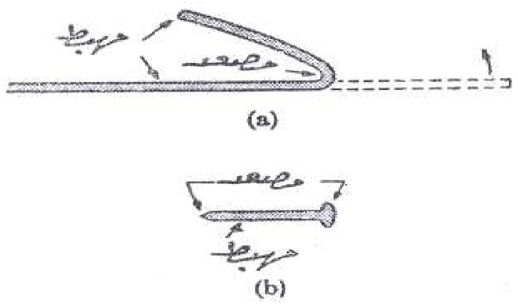
شكل (٧ – ١ – ١)



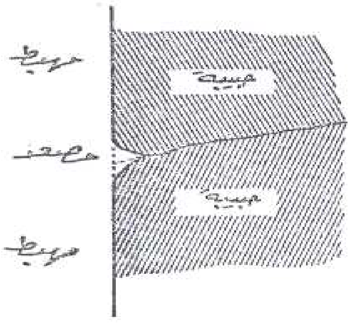
شكل (٧ – ١ – ٢)



شكل (٧ – ١ – ٣)



شكل (٧ – ١ – ٤)



شكل (٧ – ١ – ٥)

طرق الوقاية من التآكل بالصدأ

(وسائل تحسين مقاومة الصدأ)

لايمكن من الناحية العملية منع الصدأ منعاً باتاً إلاباحتياطات وتحت ظروف قاسية لايسهل إيجادها إلا أنه يمكن تحسين مقاومة الفلزات والسبائك للصدأ بوسائل عديدة وبذلك يطول عمرها . ويتبع فى ذلك الأسس التالية :

أولاً: تحسين المقاومة الذاتية للصدأ للفلز أوالسبيكة :ـــ

ويشمل هذا المبدأإختيار فلزات وسبائك جيدة فى مقاومتها للصدأ بفعل البيئة المحيطة بها . وكذلك الأسطح المتلاصقة بقصد منع تكوين الخلايا الجلفانية ومن أمثلة ذلك سبائك الصلب المقاومة للصدأ والذى يحتوى على نسبة كروم مابين ٢٧% :١٣% الذى يكون بدوره طبقة سلبية (آيونات من الكرومات) على سطح السبيكة.وهناك السبائك المحتوية بجانب الكروم على نيكل بنحو ٨%:١٠% (النيكل أكثر مقاومة للصدأ من الحديد) ، ومن هذه الأنواع الصلب الأوستنيتى المشهور ٨ % كروم ، ١٨% نيكل الذى يستخدم بصفة خاصة فى الحالات التى تتطلب مقاومة عالية للصدأ دون الإهتمام بصلادة عالية ولكون الأوستنايت يذيب نسبة عالية من الكربون فى درجات الحرارة المرتفعة دون الدرجات المنخفضة فإن تبريد الأنواع المحتوية على نسبة كربون ١% بسرعة من درجة ١٠٠٠ ْم إلى درجة حرارة الجو لايترتب عليه ترسيب أى كربيدات بينما لوتم التبريد ببطء (أو الحفظ عند ٥٦٠ ْم) لفترة قصيرة فإن الفرصة تتاح لترسيب كربيد الكروم عند حدود حبيبات السبيكة الأمر الذى يترتب عليه ضرران هامان :

١- تكوين خلايا جلفانية دقيقة بين الكربيد والسبيكة .

٢- نقص ملحوظ فى نسبة الكروم حول مناطق الترسيب وبالتالى إنعدام الطبقة السلبيةعندها .

ويمكن تجنب هذه الظاهرة فى هذه الحالة الشائعة كما يلى :

أ- التبريد السريع للسبيكة لتجنب الترسيب .

ب- تجنب عمليات التخمير الطويلة فى نطاق درجات الحرارة الذى تترسب عنده الكربيدات.

ج- إختيار أنواع سبائك الصلب بنسبة كربون أقل من ٠.٠٢ % لمنع ترسيب الكربيدات (هذه الأ نواع مرتفعة فى ثمنها) .

د- إختيار أنواع سبائك الصلب المرتفعة فى نسبة الكروم .

هـ- إختيار أنواع سبئك الصلب المحتوية على عناصر أعلى فى قابليتها لتكوين الكربيد من الكروم مثل التيتانيوم والكلومبيوم .

ثانياً: تغيير البيئة المحيطة بالفلز أو السبيكة لتصبح أقل عنفاً فى مهاجمتها :ـــ

ويقع تحت هذ العنوان تجنب وجود الرطوبة (الماء) والأجواء المؤكسدة وتوليد قوة دافعة كهربائية مضادة لتلك التى قد تولد فى بعض الحالات وتسبب الصدأ وذلك بجانب إستخدام مانعات للصدأ.

* فإزالة الرطوبة تعتبر عاملاً أساسياً فى هذا المجال . إذ أن الخلايا الكهروكيميائية تعتمد فى نشاطها على المحاليل المائية . ويمكن إزالة الرطوبة أوتقليلها إما بالتسخين أو بمنع تكثفها فى صورة قطرات على السطح .

* وتجنب الأجواء المؤكسدة يساعد على الإقلال من الصدأ فى القنوات والخزانات المغلقة خاصة فى التفاعلات التى ينتج عنها الصدأ والتى تعتمد على إزالة إستقطاب الأكسجين .

* أما توليد قوة دافعة كهربية مضادة لتلك التى قد توجد وتكون الخلايا الجلفانية المسببة للصدأ فيجرى تطبيقها فى حالات عديدة مثل الأنابيب المدفونة فى باطن الأرض والتى قد يسرى بها تيار كهربى أىً كان مصدره فإنه سيتسبب فى الصدأ فى المناطق التى تكون طرف المصعد . الأمر الذى يمكن منعه بدفع قوة كهربية مضادة للتيار المتولد بمقدار مناسب لتحويل هذه المناطق إلى مهبط بدلاً من المصعد .

ويأتى ذلك عن طريق مصدر للقوة الدافعة الكهربية (بطارية أو مصدر للتيار المستمر) كمافى شكل (٧-١-٦) أو عن طريق إستخدام مصعد نسبى (بالنسبة للجزء المطلوب وقايته) يضحى به ليستهلك بالصدأ يمكن تغييره من وقت لآخر .مثال ذلك :

دفن لوح من المغنسيوم فى الأرض متصل كهربائياً بخط الأنابيب المطلوب و وقايته

شكل (٧-١-٧) ، وتثبيت ألواح من الزنك فى أبدان السفن شكل (٧-١-٨) وتثبيت قضبان أوسلاسل من المغنسيوم فى خزانات المياه الساخنة شكل (٧-١-٩) ، (٧-١-١٠) وفى كل الحالات تتسبب هذه المصاعد فى تحويل الجزء المطلوب وقايته من الصدأ إلى مهبط .

ثالثاً: عزل الفلز أوالسبيكة عن الأوساط المصدئة المحيطة بها:ـ

ويشمل ذلك التغطية بطبقات سلبية للصدأ . والطلا ء الكهربى . والتغطية برقائق فلزية مقاومة للصدأ ثم الدلفنة والدهان بالبويات . والتشحيم السطحى وإزالة أو نزع الأجزاء المصدئة وإختزال المؤكسد منها .

ومن البديهى أن تكون النتيجة فى كل هذه الحالات هى إبطاء فعل الخلايا الجلفانية ، ويمكن تقسيم كل طرق العزل هذه (المقاومة للصدأ) إلى المجموعات التالية :

- **الطلاء بالمعادن .**
- **الطلاء غير المعدنى .**
- **التغطية بالرش المعدنى .**
- **التغطية بالدهانات .**
- **التغليف بالبلاستيك .**
- **الأغلفة الأكسيدبة .**
- **المعالجة بالفوسفيت (الفسفتة) .**
- **الطلاء بالبويات الحرارية .**
- **الطلاء بطبقة من المينا .**
- **الوقاية من التآكل بتحضير السبائك المقاومة للأحماض .**

***** وقبل البدء فى إجراء عمليات الطلاء أو التغطية بأنواعها يلزم :**

<u>أولاً: تحضير أسطح المشغولات لعمليات الطلاء :ـ</u>

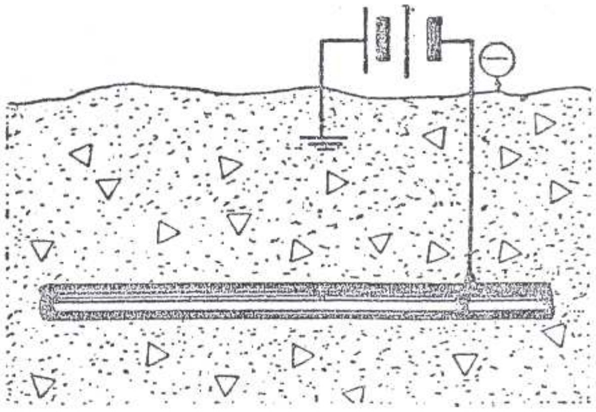
لإزالة آثار الصدأ المتكون عليها وتنظيفها وتلميعها بإحدى الوسائل المناسبة للمشغولة مثل :

(١) التخليل باستخدام وسائط التخليل المتعددة بأن :ـ

أ- توضع المشغولة فى محلول حامض الأيدروليك المخفف من ٠.٥% إلى ١.٥% داخل حوض حيث تمر المشغولة بين أقطاب تيار كهربى مستمر ضغطه بين (٦ -١٢فولت) وشدته بين (١٠٠-٣٠٠أمبير) ثم تخرج المشغولة وتغسل برشها بالماء مع إستخدام الفرش .

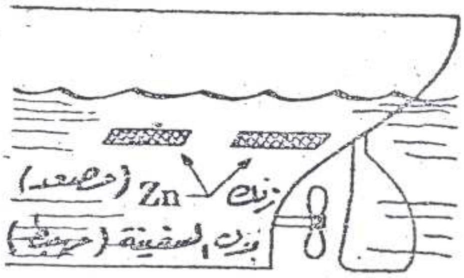
ب- أو توضع الأجزاء المطلوب إزالة الصدأ منها فى محلول به ٨ % من هيدروكسيد البوتاسيوم أومحلول قوى من الصودا درجة حرارته من (٣٠-٥٠درجة مئوية) .

وهذه الطريقة تناسب المشغولات أوالأجزاء التى يمكن تداولها باليد .

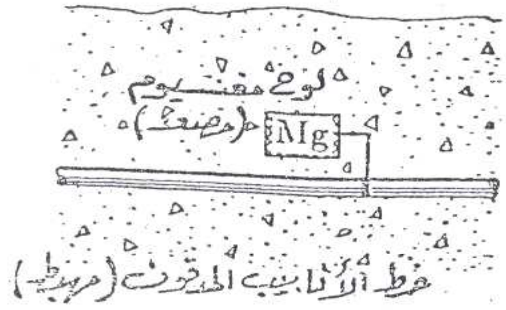


شكل (٧ ـ ١ ـ ٦)

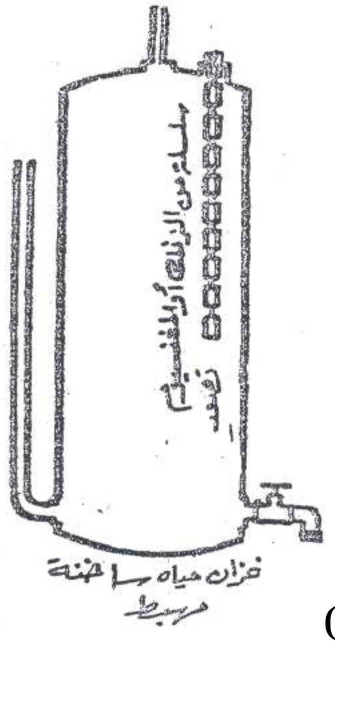
شكل (٧ ـ ١ ـ ٧)



شكل (٧ ـ ١ ـ ٨)



شكل (٧ ـ ١ ـ ٩)



شكل (٧ ـ ١ ـ ١٠)

(٢) التنظيف باستخدام ورق الصنفرة أو الفرش السلكية والوسائل المماثلة وهذه الطريقة تناسب جميع المشغولات .

(٣) السفح بالرمل أو بكريات من الصلب بواسطة أجهزة خاصة . وهذه الطريقة تستخدم فى المنشآت الكبيرة التى يتعزز معها إستخدام الطريقتين السابقتين .

(٤) التلميع :

وتجرى عملية التلميع للأسطح عندما يكون المظهر واللمعان من أهداف عمليةالطلاء وتستخدم هذه العملية قبل عمليات الطلاء الكهربى بصفة خاصة فى طلاء المشغولات المعدنية الصغيرة مثل الأوانى والمقابض والأكر وماشابه ذلك للحصول على سطح ناعم لامع يؤدى إلى طبقة لامعة من الطلاء .

وتتم هذه العملية على مرحلتين :

المرحلة الأولى :-

تجرى فيها عملية تنعيم للسطح باستخدام حجر الجلخ الدائر على موتور وذلك إذا كان السطح شديد الخشونة . ويصنع هذا الحجرمن الكربوراندم أو من خليط من المواد الحاكة مثل الألومنيا وبعض المواد السليكية المتماسكة معاً على هيئة قرص صلب .

المرحلة الثانية :-

والهدف من هذه المرحلة هوالوصول إلى سطح فائق النعومة والصقل وبالتالى شديد اللمعان ويتم ذلك باستخدام فرشاه مصنوعة من عدة طبقات من القمــاش السميك مركبة على موتوريدور بسرعة . وتشبع هذه الفرشاه بالمواد الحاكة التى تصنع على هيئة قالب يعرف بإسم (الجوماطة).

ويوجد من قوالب الجواطة هذه عدة أنواع تختلف فى نوع ونسب المـواد الحــاكة فيها لتلائم الأنواع المختلفة من المعادن ، ولكنها تتشابه فى إحتوائها على مواد حاكة متماسكة بواسطة الشحوم والدهون ومضافاً إليها بعض المنظفات الصناعية ويجب إزالة آثار الشحوم والمواد الحاكة الناتجة من عملية التلميع المذكورة قبل إجراء عملية الطلاء الكهربى ، كما يمكن أيضاًإجراء عملية التلميع بعد إتمام عملــية الطلا ءللحصـول على البريق المطلوب .

• الطلاء بالمعادن

لما كان تآكل المعادن يبدأ من السطح نتيجة ملامسته المباشرة للعوامل المسببة للتآكل فإنه من الطبيعى أن يؤدى عزل السطح عن هذه العوامل إلى منع التآكل .

ونظراً لأن المعادن تختلف عن بعضها البعض فى مدى قابليتها للتآكل . فبعضـها يتـأثر بدرجـة كبيـرة وبعضـها يتـأثر بدرجـة أقـل والـبعض الآخـر يقـاوم هـذه العوامـل ولايتـأثر بهـا إلا بدرجـة

بسيطة جداً فإن عملية طلاء المعادن تهدف إلى تغطية أسطح المعادن القابلة للتآكل بمعادن أخرى مقاومة له .

فالطلاء والتغطية برقائق مقاومة للصدأ يبطىء فعل الصدأ لتكون طبقات رقيقة سلبية على السطح المغطى .

هذابالإضافة إلى عمليات الطلاء التى تستهدف الوقاية من التآكل الميكانيكى الناتج عن الإحتكاك وذلك بتغطية أسطح المعادن المنخفضة الصلابة المعرضة للإحتكاك الشديد بطبقة من معدن شديد الصلابة مثل معدن الكروم .

ومن أساليب الطلاء بالمعادن :

١- الطلاء بالكهرباء .

٢- التغطية بالغمر فى معدن مصهور .

٣- الرش المعدنى .

١- طلاء المعادن بالكهرباء :ـ

تعتمد نظرية طلاء المعادن بالكهرباء على الخواص الكهروكيميائية للمعادن ، فإذا غمرنا جزء معدنى فى حوض يحتوى على محلول مناسب وأوصلناه بقطب كهربائى موجب تحت جهد كهربائى (بفولت) معين ثم أمررنا التيار خلال المحلول ، فإن ذرات الطبقة السطحية للمعدن تترك كل منها إلكتروناً أوأكثر (حسب نوع المعدن) على السطح وتتحول إلى آيونات موجبة تنتقل إلى المحلول.

فإذا إنتقلنا إلى مركبات المعادن مع بعض العناصرالأخرى وهى المعروفة بالأملاح مثل ملح كبريتات النحاس لوجدنا أن هذا المركب (كبريتات النحاس) ينفصل عند ذوبانه فى الماء إلى شقين . أحدهما هو آيون النحاس الموجب ، والآخر هوآيون الكبريتات السالب.

وهذه الآيونات الموجبة يمكن إعادة تحويلها إلى ذرات متعادلة من المعدن إذا وضع فى المحلول قطب كهربائى سالب الشحنة تحت جهد كهربائى معين يختلف من معدن لآخر .

وذلك لأن آيونات المعدن الموجبة تنجذب عند مرور التيار فى إتجاه هذا القطب وتأخذ من سطحه الإلكترونات اللازمة لإعادة الآيونات الموجبة إلى ذرات متعادلة تترسب على سطح القطب مكونة طبقة من المعدن تزداد سمكاً باستمرار التيار ، وبالتالى إستمرار عملية تحول آيونات المعدن إلى ذرات تترسب على السطح .

عملية الطلاء بالكهرباء:

تتلخص فى تجهيز محلول يحتوى على ملح مناسب من أملاح المعدن المطلوب ترسيبه على السطح ، وغمرالمنتجات المعدنية المراد طلائها فى المحلول وتوصيلها بالقطب السالب

لمنبع تيار مستمر مع إختيار جهد وكثافة تيار مناسبين . وبذلك تصبح هذه المنتجات قطباً سالباً ويسمى بالمهبط .

أما القطب المتصل بالطرف الموجب ويسمى بالمصعد فإما أن يكون لوحاً من نفس المعدن الذى سيطلى به السطح وتوجد أملاحه فى المحلول أو من معدن آخر . فإذا وضع قطب من نفس المعدن فإنه يذوب فى المحلول .

إذ أن الذرات الموجودة على السطح تترك بعض إلكتروناتها وتتحول إلى آيونات موجبة تنتقل إلى المحلول حيث تحل محل الآيونات التى ترسبت على سطح المهبط (سطح المنتجات) ثم تنتقل بدورها إلى المهبط حيث تتعادل هى الأخرى باتحادها مع الإلكترونات الموجودة على سطحه وتترسب عليه على صورة ذرات من المعدن .

وهكذا تستمر الدورة : ذرات تذوب من المصعد فى المحلول ، وذرات تترسب من المحلول على سطح المهبط .

أما فى حالة تركيب لوح (مصعد) من معدن مختلف عن المعدن الموجودة آيوناته فى المحلول ، فيجب أن يكون من نوع غير قابل للذوبان فى هذا المحلول عند الجهد الكهربائى المستخدم ، وذلك حتى لايتلوث المحلول بآيونات هذا المعدن وما يترتب على ذلك من ترسب ذراته على السطح الجارى طلاؤه .

<u>مثال ذلك :</u>

إستعمال مصعد من سبيكة الرصاص والأنتيمون فى حالة الطلاء بالكروم .

وتستمر عملية الترسيب مدة من الوقت تتناسب مع الطبقة المطلوب ترسيبها وشدة التيار المستخدمة ، ويختلف ذلك من معدن لآخر .

أحواض الطلاء :

تصنع أحواض الطلاء من مواد غير قابلة للتفاعل مع المواد الحمضية المستعملة فى عملية الطلاء أو المحاليل القلوية ، فمثلاً تستخدم أحواض مصنوعة من الصينى أوالزجاج فى الطلاء بالذهب أو الفضة ، كما تستخدم أحواض مبطنة بالرصاص النقى أو الأنتيمونى فى الطلاء بالكروم .

كما يمكن أن تصنع الأحواض من الخشب المبطن بالبياض أو من الأبونيت أومن الصاج المطلى بالمينا ، وكل منهما له إستعماله المناسب .

ويركب على هذه الأحواض قضبان ذات سمك مناسب من النحاس الأصفر للتوصيل الكهربائى من خلالها ، حيث يعلق بها المعدن المطلوب طلاؤه من جهة ومن جهة أخرى المعدن المستخدم فى الطلاء .

٢- التغطية بالغمر فى معدن مصهور :ـ

* وهو اسلوب أخرمن أساليب طلاء المعادن بمعادن أخرى لوقايتها من الصدأ والتآكل مثل :ـ

أ- القصدرة :

وهى عملية شائعة الإستخدام فى إنتاج ألواح الحديد المقصدرة المعروفة بإ سم (الصفيح) والتى تستخدم فى أعمال السمكرة وفى صنع الأغذية المحفوظة وغيرها وتتم بالغمر فى حمام من القصدير المنصهر الذى تبلغ درجة حرارته (٢٧٠ درجة مئوية) .

ب- الجلفنة:

وهى عملية تغطية بالزنك المنصهر الذى تصل درجة حرارته إلى (٤٥٠ درجة مئوية) بالغمر فى أحواض وتستخدم فى تغطية أسطح ألواح الحديد المعروفة بإسم (الصاج المجلفن) والمسامير المقلوظة والصواميل المصنوعة من الحديد وغير ذلك .

جـ- التكسية بالرصاص :

عن طريق الغمر فى رصاص منصهر فى درجة حرارة (٣٥٠ درجة مئوية) .

وتصلح هذه العملية للوقاية من التأثيرات الكيميائية العنيفة أو الحصول على أغلفة صامدة للطقس . وينبغى أن نذكر أنه لابد من تجهيز الأسطح وتنظيفها قبل إجراء هذه العمليات ، كما يستخدم أيضاً معها مساعدات الصهر المناسبة .

٣- التغطية بالرش المعدنى :

وهو تغطية أو تكسية المعدن بواسطة رش حبيبات دقيقة من معدن منصهر على سطح المعدن المطلوب تكسيته .

وفى هذا الأسلوب ينتج الرش المعدنى بتذرية معدن مصهور من سلك معدنى أو مسحوق بواسطة مسدس رش له تصميم خاص ينفخ المعدن المصهور من خلاله بواسطة الهواء المضغوط فيندفع بسرعة عالية على السطح الذى سبق تجهيزه وإعداده وتصير كل حبيبة دقيقة من حبيبات المعدن المصهور فى أثناء إنتقالها من مسدس الرش إلى الشغلة كروية الشكل وعند وصول هذه الكريات الدقيقة إلى السطح المرشوش تتسطح وتتجمد عليه وتتشبث به .

وهناك أنواع عديدة من مسدسات الرش المعدنى منها :

١- مسدسات الرش التى ُتغذى بالأسلاك المعدنية .

٢- مسدسات الرش التى ُتغذى بالمساحيق المعدنية .

٣- مسدسات الرش التى لها بوتقة ذاتية للصهر .

وتستعمل المسدسات ذات التغذية بالأسلاك على نطاق واسع أكثر من النوع الآخرين .

ويتكون مسـدس الرش ذو السلك أساساً من :

١ـ مشعل (بورى) إكسجين مع وقود غازى وبه ثقب طويل لمرور السلك وتغذيته .

٢ـ تربينة عالية السرعة تدير بكرتين مترترتين عن طريق تروس تخفيض سرعة مناسب ، ويغذى السلك فى منطقة اللهب بمعدل مناسب .

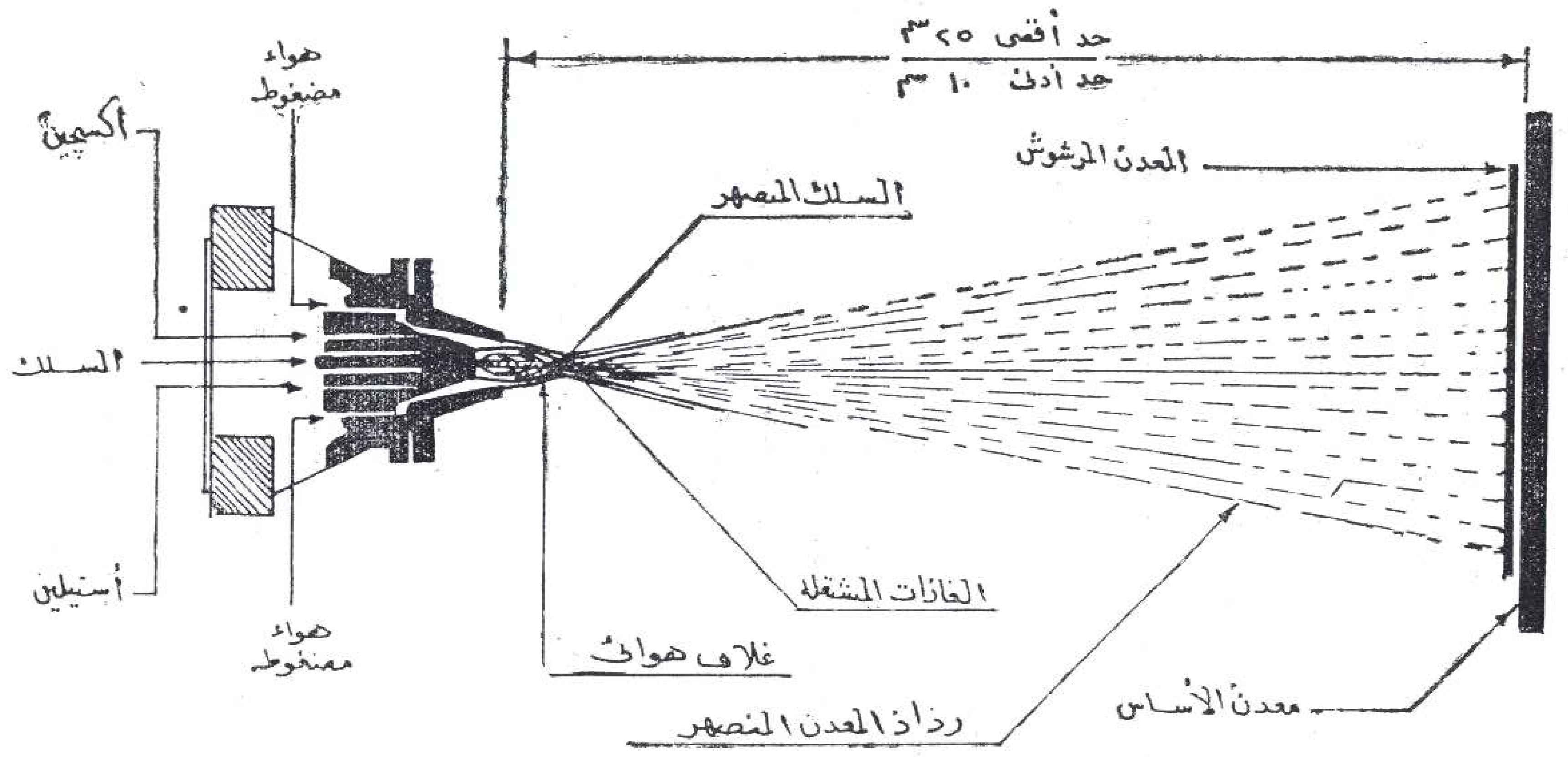
٣ـ منفذ خاص للهواء المضغوط يحيط بطرف المشعل ويسمى (طاقية الهواء) ويوجه تياراً شديداً من الهواء يدفع جزيئات المعدن المنصهر أمامه ويذريه تذرية كاملة ونثره (يرشه) على سطح المعدن شكل (٧-١-١١) .

* وتصمم هذه المسدسات لتصلح للعمليات اليدوية أو النصف آلية ويمكن تكوين التغليفات والكساءت المرسبة بهذه الكيفية فى تخانة (سمك) ملحوظ ويستعمل عادة لهب الأكس أستيلين فى هذا المسدس كما يمكن إستخدام أنواع أخرى من الوقود الغازى مثل الأيدروجين أوغاز الإستصباح .

* وتشبه مسدسات المساحيق المسدسات السلكية فى تصميمها غير أن هذا النوع من المسدسات يحمل المسحوق المعدنى فى تيار هوائى متدفق من مستودع خاص إلى المسدس الذى يدفع بالخليط إلى موضع اللهب من خلال فتحة مركزية فينصهر المسحوق المعدنى وتقذف الكريات المنصهرة بنفس الكيفية فى مسدس الرش السلكى .

* أما المسدسات البوتقية (ذات بوتقة الإنصهار) فتستخدم فى رش المعادن أو السبائك التى تنصهرفى درجة حرارة منخفضة نسبياً ، ويتكون هذا النوع من مستودع (البوتقة) للمعدن المصهور المطلوب رشه . ووسيلة لتغذية هذا المعدن فى التيار الهوائى المندفع ، ويقوم عنصر مقاومة كهربية أو لهب غازى موجه بتوليد الحرارة اللزمة للصهر.

الرش المعدنى.



رسم تخطيطى لعملية الرش المعدنى بواسطة مسدس من النوع ذى السلك.

شكل (٧ – ١ – ١١

- **الطلاء غير المعدنى**

١- النتردة : (المعاجة بالغازات) :ـــ

وهى تخمر الأجزاء المصنوعة من الصلب عند درجة حرارة أقل من ٥٨٠ درجة مئوية فى جو من النتروجين أوالنشادر ، والغلاف الناتج عبارة عن طبقة رقيقة تشبه الزجاج وتصلح هذه العملية للوقاية من الصدأ الذى يحد ث فى ظروف معينة .

٢- الحرق والتسويد :ـــ

تسخن الشعلة حتى درجة ثم تغمس فى الزيت وبعد ذلك تحرق عند درجة حرارة عالية وتصلح هذه العملية للوقاية من التآكل فى الأجزاء المتينة والعدد المصنوعة من الصلب .

٣- الأكسدة :

أ- (الأغلفة الأكسيدية) :ـــ

تعالج أسطح المعادن بالمركبات الكيميائية على شكل محلول وتختلف هذه المركبات من معدن لآخر وفى درجات حرارة مناسبة وزمن معين تتفاعل هذه المركبات الكيميائية مع سطح المعدن وتكسبه طبقة من الأكسيد تقاوم العوامل الجوية أكثر من المعدن نفسه بالإضافة إلى تلوين سطح المشغولات بألوان مختلفة جذابة يمكن التحكم فيها باختيار نسب وتركيب عناصرالمواد الكيميائية المستخدمة .

وهذه العملية تتطلب خبره وعناية تامة ودقة حتى نحصل على الألوان المطلوبة ثم تثبت هذه الألوان فى النهاية بطلاء طبقة من الورنيش الشفاف عليها وتستخدم هذه العملية بكثرة فى أشغال المعادن الزخرفية .

ب- الأكسدة المصعدية للألومنيوم :ـــ

وتستخدم عند تلوين المنتجات المصنوعة من الألومنيوم بطبقة تتميز بجانب مظهرها الجذاب بمقاومة عالية التآكل ويتم تكوين هذه الطبقة بطريقة تسمى الأكسدة المصعدية لأنها تتم أثناء إمرار تيار كهربائى فى حمام يحتوى على محلول كيميائى يؤدى إلى تأكسد سطح الألومنيوم المتصل بالمصعد ، أى إتحاده بالأكسجين وهذا الإتحاد يؤدى إلى تكوين طبقة صلبة من أكسيد الألومنيوم على السطح تحقق أغراض الوقاية أما إذا كان الهدف هو الوقاية والمظهر الجذاب معاً فإن طبقة الأكسيد تصبغ بعد ذلك باللون المطلوب .

ويتركب حمام الأكسدة المصعدية من أحد المحاليل الآتية :

١- محلول حمض الكبريتيك المخفف بدرجة تركيز تتفاوت من ١ % إلى ١٥% بالحجم .

٢- محلول حمض الاكساليك بتركيز ٥% .

٤ـ الفسفتة : (المعالجة بالفوسفيت) :ــ

وتتم بمعاجة سطح المعدن بمحلول كيميائى يتركب من حامض الفوسفوريك وفوسفات الزنك بنسب ثابتة إما بالتذرية (الرش) للمساحات الكبيرة أو بالغمر فى أحواض فيتكون غطاء من فوسفات المعدن يجعل السطح خاملاً لا يتأثر بالرطوبة ويمنع وصولها إلى سطح المعدن وبالتالى يمنع تآكله وتتميز طبقة الفسفتة الجيدة بلونها الأشهب ونعومة الملمس والتجانس والتماسك ودقة البللورات .

كما أن هذه الطبقة يمكن أن تعتبر كقاعدة لعملية الطلاء بالبويات بعد ذلك إذ تساعد على ربط الطلاء جيداً وتماسكه بالمعدن ومنع إنتشار الرطوبة وتحللها عبر طبقة الطلاء .

٥ـ التغليف بالبلاستيك :ــ

الأصناف المعدنية يمكن أن تغطى بطبقة من البلاستيك كشكل من أشكال الديكور والحماية . وهذه الطريقة كثيرة الإستخدام فى حالة الأصناف الصلبة ، ولكن المعادن الأخرى يمكن أن تغطى بالمثل . وهى طريقة مناسبة للإستعمال فى كثير من الحالات التى تكون فيها البوية معرضة للخدش بسرعة والتغليف بالبلاستيك هى طريقة كثيرة الإستعمال تجارياً كألواح الصاج المغلفة بالبلاستيك المعروفة باسم صاج (البلاتال) كما تستعمل أنواع من الورنيشات البلاستيكية لتغطية الأسطح إما بالرش أو باستخدام الفرشاه فـتُكون طبقة عازلة تمتاز بقوة تحملها للمياه والرطوبة وتمنع التأثيرات الجوية ومنها أنواع تستخدم فى طلاء القوارب البحرية تحتوى على بعض المواد المقاومة لمياه البحر .

٦ـ التغليف بالأسمنت :ــ

ويستخدم للوقاية من التآكل الذى يحدث فى الإنشاءات الصلب والأنابيب ومقاومتها ومقاومتها للصدم قليلة ولكن مقاومتها للتآكل كبيرة وينبغى عدم تعريض الأسمنت لتأثيرات الزيوت الدهنية ويجب تكسية الأسطح المطلوب وقايتها بثلاثة أوأربعة أغلفة متتالية من معجون الأسمنت والماء .

٧ـ التغليف بالقار :ــ

وتوضع طبقة التغليف بالقار على أسطح الأجزاء المسخنة قليلاً بواسطة فرشاه وتستخدم فى تغليف المواسير المصنوعة من الحديد الزهر المادى والتركيبات الخاصة بخطوط أنابيب الغاز والمياه وبعض الكابلات الكهربائية وتمتاز بقوة عزلها للرطوبة ومقاومتها للتأثيرات الكيميائية .

٨- التغطية بالدهانات (البويات) : ــ

إستخدام الدهان تجده بكثرة فى معظم عمليات التشطيب حيث انه معروف وشائع الإستخدام فى المعادن ، وهو يحمى من الصدأ أوالتآكل ، ومن إحدى الطرق متعددة الفوائد وسهلة التطبيق فى أعمال الديكور والزينة ، وهناك الكثير من أنواع الدهان المتاحة اليوم ولكن جميعها تشترك فى أشياء محددة ، والأكثر أهمية هو الحاجة إلى الإعداد والتجهيز الصحيح للسطح قبل أن تبدأ بالدهان.

وكل الدهانات تشكل غشاءً رقيقاً فوق سطح المعدن الذى عليه تلتصق وتحميه من هجوم عوامل التآكل ، وأى شيء يعمل على وقف إنتشار هذا الغشاء والتصاقه بسطح المعدن يجب أن يتم إزالته قبل أن تبدأ باستخدام البوية - كالأوساخ والأتربة والزيوت والشحوم والصدأ ،وكذلك المياه يجب أن يتم إزالتها وتجفيفها بعناية كاملة .

وأسطح المعادن المكشوفة يجب دائماً أن تغطى بالطلاءالأوَلى (بريمر) المناسب فيكون بذلك الطبقة الأولى ثم نأتى بالطلاء النهائى على القمة . والبريمر يلتصق بشدة على سطح المعدن ويعول عليه أكثر من الدهانات الأخرى ويساعد على مسك التغطية الأخيرة فى مكانها ، وبعض البريمريحتوى على كيماويات لمعالجة ومنع التآكل والصدأ .

كما توجد أنواع أخرى مصممة للإستعمال فوق المساحات التى إنتشر بها الصدأ ، وما أن يتم إزالة الصدأ غير المتماسك يكون من المهم أن تختار النوع الصحيح للمعدن الذى ننوى دهانه ونتأكد من ان البريمر ملائم لبوية التشطيب التى تستخدم

*** والقاعدة الرئيسية هنا أن نتفادى إستخدام بوية ذات قاعدة سليولوزية فوق بريمر ذى قاعدة زيتية إذ أن البويات ذات القاعدة الزيتية مكون أكثر فعالية فى الحماية من الصدأ من البويات ذات القاعدة السليولوزية .

والصاج المقصدر يمكن دهانه دون إستعمال بريمر ، إذ تطلب العمل بسرعة ، وليكون العمل أفضل يجب إستعمال البريمر . وعند إعادة دهان سطحه ، فإنه عادة يتم نظافة وحك سطحه من البوية القديمة قبل إعادة دهانه ، والمعدن العادى والمساحات التى عليها صدأ حيث سقطت من عليها البوية القديمة يجب معالجتها ودهانها بالبريمر كالمعدن الجديد .

وللحماية القصوى للمعدن وتشطيب البوية تكون التغطية بالورنيش فكرة جيدة ، خصوصاً لإحتواء أعمال الدهان على تبطين للديكور . والصيانة تتمثل فى حك السطح ثم إعادة دهانه بالورنيش على فترات زمنية متقاربة .

البريمر" الطلية الأولى":

المعدن العارى عادة يجب أن يأخذ طلية البريمر قبل الإستعمال بويات التشطيب عليه . والبريمر المستخدم يجب أن يكون ملائماً للمواد المذيبة المستعملة فى البويات التى ستتبعه .

* والبريمرالكروماتى "ملح حامض الكروميك" يعتبر مناسباً للإستعمال على معادن متنوعة ، وإن كان يفضل الإستخدام على الحديد والصلب ، وهو مناسب للإصناف التى توضع فى العراء مع وجود بعض الصدأ .

** بريمرالأكسيد الأحمر أيضاً يعمل جيداً على الصلب ويمكن الحصول عليه فى الصورة سليولوزية القاعدة وبالمثل فى شكل رذاذ ، ويمكن أن يستخدم مع كل المعادن ، البويات تباع مضبوطة بينما بريمر المعادن لا ينظر إليه كواق مثل الأنواع الأخرى التى تؤدى ذلك تحديداً ، ولكنها مفضلة للإستعمال فى الحالات الأقل مشقة .

*** والبريمر الذاتى يفضل إستخدامه على الألومنيوم والنحاس والزنك أو الصلب المجلفن وتلك المعادن التى لا تحتاج للدهان بالبويات ، وبالتالى يسهل استعمال البريمر الذاتى الذى لا يلتصق بشدة بالسطح بسبب تركيبه الحامضى الذى يخترق سـطح المعدن .

وهذا النوع عادة ما يكون سليولوزى القاعدة ، ويمكن تلوينه أو تركه دون لون ، كما يمكن الدهان فوقه بدهانات سليولوزية القاعدة أو زيتية القاعدة ، والبريمر لايجب حكه أو فركه ، فالفرك والحك الزائدين يمكن أن يكشطا أو يحكا البريمر من مكانه فتحل البوية مكانه وهو مايعنى أن التغطية الثانية بالبوية ستوضع فوق سطح معدن عارى عند تلك النقط .

البويات زيتية القاعدة :

البويات زيتية القاعدة هى الأنواع التقليدية من البويات كالمستخدمة فى المنازل ، وهناك كثير من الأصناف بقاعدة زيتية حيث يمكن إستخدامها بالفرشاة أو بالرش ولكن الأنواع المستخدمة للرش غير متوفرة كثيراً .

وتقريباً أى عمل للدهان يجرى بقاعدة زيتية يمكن إعتباره مناسباً للأغراض العامة المتنوعة . أما بالنسبة للأصناف التى تستعمل خارج نطاق المنزل فهى تعتبر أكثر تحملاً لعوامل التعرية أو الأحوال الجوية ويمكن إستخدامها بطريقة صحيحة لحماية الأصناف الصلبة وتخزينها .

مثل معظم أنواع الدهان تستخدم بويات التشطيب أو التغطية اللامعة على نحو أفضل فوق الطلية السفلية السابقة لها رغم أن بعضاً من الأصناف الحديثة مصممة لتستخدم دون تلك الطلية . والعد يد من أنواع التغطية الرقيقة يفضل على الأنواع الاكثر سمكاً .

والشغلة يجب أن تحك بين التغطيات باستخدام ورق كربيد السليكون الذى لو إستخدم مبللاً سوف يعطى سطحاً مستوياً أكثر ،بناء عليه يكون أفضل تشطيب للتغطية التالية .

***وكقاعدة عامة : الدهانات الزيتية تكون أفضل عندما يكون مطلوباً تشطيب عالى اللمعان دون أن يحتاج إلى المزيد من الجهد والإهتمام مثل أعمال الصقل ، وهى أيضاً تتوفر بشكل أفضل من الأنواع الأخرى وتكون لهذا السبب مفضلة للأعمال التبطين وتحديد العلامات .

البويات ذات القاعدة السليولوزية :

هذه البويات يكون لها سطح مشطب أصلد من البويات ذات القاعدة الزيتية ولكنها لاتقاوم العوامل الجوية القاسية جداً ، ويمكن أن تحصل عليها عادة فى علب مناسبة للإستعمال بالفرشاة ، والبويات التى تستخدم بالرش لتهذيب أسطح السيارات عادة لا تستخدم هذه الأنواع ولكن البويات ذات القاعدة الزيتية هى التى تكون مستخدمة لهذا الغرض . ولكن نظراً لتكوينها وضرورة صلادتها بواسطة الفرن فإنه من الممكن الدهان فوق أسطحها باستخدام السليولوز دون حدوث آثار سيئة

* ويتسع إستعمال البويات السليولوزية بطريقة الرش بالمسدسات مع إستعمال المخففات المناسبة فى طلاء المنتجات المعدنية والسيارات لسرعة جفافها .

** وعادة البويات السليولوزية لا يجب أن تستخدم فوق البويات الزيتية لأن المذيبات المستعملة فى البويات السليولوزية سوف تسبب تموجاً ورفعاً لطبقة البوية الزيتية ، والبوية الجاهزة : (Barrier Paints) يمكن الحصول عليها ويمكن إستخدامها فوق البوية الزيتية لكى تحميها لو تحتم تغطيتها بالبوية السليولوزية .

** والبويات السليولوزية لها قابلية أن تصقل لتعطى سطحاً لامعاً وهذا يكون ضرورياً لتحقيق أفضل تشطيب عند إستخدام ذلك النوع .

طريقة طلاء المنتجات المعدنية بالبويات السليولوزية :

١- تنتزع الأجزاء المعدنية المطلية بالنيكل مثل المقابض والأكر وغيرها الغير مطلوب طلاؤها ثم يجهز سطح المشغولة ويصنفر جيداً ثم تزال آثار الصنفرة والشحوم والدهون وبصمات الأيدى .

٢- يبطن السطح باستخدام بطانة (بريمر) ويترك ليجف مدة لا تقل عن أربع ساعات صيفاً وست ساعات شتاءً .

٣- يمعجن السطح بمعجون سريع الجفاف ويترك زمناً حتى يتصلب المعجون ويصنفر حتى يستوى السطح تماماً بالصنفرة المتوسطة الخشونة ثم بالصنفرة الناعمة ويعاد غسله وتنظيفه

٤- يرش السطح بالدهان المطلوب ، فإذا كان اللون موحداً طلى كله دفعة واحدة ـــ وإن كان أكثر من لون تحجب أو تغطى الأجزاء المتداخلة فى اللون المستعمل حتى يتم رشه وجفافه ثم تنزع الأغطية ويعاد تغطية الأجزاء المتداخلة فى اللون الثانى ويرش اللون الثانى وهكذا .

٥- يخفف المزيج السليولوزى الملون بالمخفف (التنر) ويرش بطبقة أخرى.

وفى العادة يخفف المزيج الملون (البويـة) بنسبة تقدر بمثل وزنـه فى الأدوار الأولـى إلـى أن تصل نسبة التخفيف إلى ٢٥% من المزيج ، ٧٥ % المخفف (التنر) . ثم يلمع السطح بعد جفافه .

الطلاء بالبويات الحرارية (بويات الفرن)

تتكـون البويـات الحراريـة أساسـاً مـن راتنجـات اليوريـا أو راتنجـات الميلامـين وهـى راتنجات لا تجف إلا بالتسخين للأسطح المدهونة عند درجة حرارة تتراوح بين (٩٠ – ١٨٠ درجـة حراريـة) ولهـذا السبب تسمى البويـات التـى تـدخل فيهـا هـذه الراتنجـات باســم (بويات الفرن) . وتستعمل هـذه البويـات كثيـراً فـى طـلاء المنتجـات المعدنيـة وبخاصـة الأثاثات المعدنية والأجهزة المنزلية كالثلاجات والغسالات والمواقد والمشغولات الحديدية .

وهنـاك أنـواع حديثـة مـن البويـات الحراريـة أساسـها راتنجـات الاكلريليـك بصـلابتها ومقاومته للماء والصدأ والمنظفـات ولـذلك فـإن استخدامها قد ازداد فـى طـلاء أسطح المنتجـات المنزلية ، وأيضاً المنتجات الحديدية .

طريقة الدهان ببويات الفرن : ـ

١- تجهز الأسطح المطلوب طلاؤها وتنظف بإحدى وسائل التنظيف المناسبة
٢- تجهز البوية بالمذيب المناسـب (المجفف) بدرجة لزوجة مناسبة فى درجة حرارة الجو . وتوضع فى خزان للضغط بالمضخات أو بالهواء المضغوط إلى الرش .
٣- تعلق المشغولات التى سـبق معالجتها بالفسـفتة على جنزير خاص ويجب عدم لمسها بالأصابع ولذا يستخدم العمال القفزات .
٤- تدخل المشغولة فى كابينة الرش الأولى وترش الطبقة الأولى .
٥- يتحرك الجنزير حاملاً الشغلة من الكبينة الأولى إلى الكابينة الثانية وتقطع المسافة بين الكابينتين فى حوالى ١٠ دقائق فتتبخر كمية كبيرة من المجفف من سطح البوية فى هذه الأثناء قبل دخول الكابينة الثانية
٦- ترش المشـغولة بالطبقة الثـانية للدهـان فى الكابينة الثـانية ثم تتحرك منـها إلى فـرن التجفيف الحرارى ليتم تجفيفها .

البويات المتخصصة :

هناك الكثير من البويات المتخصصة ولكن فى حالة الرغبة فى الحصول على أقصى درجات الحماية أو أفضل شكل لها ، يتطلب الأمر فحص الأنواع المتاحة منها بدقة . وتعتبر تلك الأنواع هى الأكثر إستعمالاً فى نوعية العمل التى نحن بصددها فى هذا الباب .

١- الدهان القيرى:

هو الدهان ذو القاعدة الزيتية الذى يكون أسود ولينا ولا يقاوم التزييت والزيوت الأخرى ، والخاصية المميزة له هى قدرته على تكون طبقة سميكة للتغطية مع مقاومته للماء ، ويمكن أن يحشو الثغرات الصغيرة وفتحات المسامير لو إستخدم لذلك . والبريمر يحتاج إليه ولكن لايكون أسفل التغطية . والغرض الرئيسى من هذا الدهان هو حماية الأعمال الصلبة من هجوم المياه .

٢- الورنيش :

عندما نحتاج لأن يستمر تشطيب البوية لأطول فترة زمنية ممكنة أو لإستخدم عمليات التبطين والعلامات المكتوبة والتحويل فتكون فكرة جيدة أن نحفظ كل هذا بطبقة من الورنيش . فإن طبقة التشطيب وأية بطانة دهان ثم أن أى تحويل يجرى يجب أن يكون مصحوباً بطبقة من الورنيش والتى يمكن أن تستعمل لعدد من السنوات .

ويوجد هناك بصفة أساسية نوعان من الورنيش موجودان للإستعمال لهذه النوعية من العمل هما البوليورثين والعادى من القاعدة الزيتية المتنوعة ، وخصائصه هى نفسها المتاحة فى البويات ذات القاعدة الزيتية والبوليورثين . ويجب إستخدام كل منهما فى نفس الحالات المشابهة فى الورنيشات متنوعة الإستخدام . ومثبتات التحولات موجودة أيضاً فى شكل علب عادة لدى محلات توريدات مستلزمات الفنانين والرسامين .

٣- طلاء اللك "لاكيه" :

هذا الطلاء عالى الجودة ،فهو ورنيش سريع الجفاف وغالباً يكون ذا قاعدة سليولوزية بفرض أنه يعطى تشطيبات شفافة أو أعمال الديكور الأخرى ، واللاكيه الشفاف يمكن أن يستخدم فوق الأسطح المصقولة ليمنع فقدان البريق أو إطفاء اللمعة أو الأكسدة بتأثير العوامل الجوية .

ويمكن وضع اللاكيه باستخدام الفرشاة أو بالرش . والأصناف الصغيرة يمكن أن تكون منخفضة لذا يكون الطلاء بالتغطيس (بالغمر) مناسباً لذلك ويمكن تنفيذه بشكل بسيط ، حيث نأتى بالقطعة وعن طريق شبكه بسلك خطافى مع تغطيسه داخل اللاكيه حتى يغوص تماماً ثم يرفع للخارج ويترك ليقطر حتى آخر قطرة . ثم نأتى بقطعة قماش لامتصاصها دون لمس المعدن وبذلك نحميه من أى أتربة وإلى أن يتم جفاف اللاكيه . وفى المعتاد هذا يتم فى بضع دقائق .

- **الطلاء بالمينا**

المينا عبارة عن مادة تشبه الزجاج الشفاف أو معتمة بألوان مختلفة تلتصق وتتماسك على سطح المعدن بعد تجهيزها وصهرها فى أفران خاصة . وتستخدم المينا كطلاء للأعمال الصاج المدهون بالمينا الكثير الإستخدام فى المنازل والمستشفيات وفى طلاء أفران البوتاجازات والسخانات والثلاجات .

وتتركب مينا الصاج أساساً من السليكا وأكاسيد المعادن التى تكسبها الألوان المختلفة وتوجد فى السوق على هيئة بللورات أو مسحوق أو أقراص . وتجهز بطحنها وسحقها وتنعيمها جيداً ثم غسلها وإعدادها لعملية الطلاء .

تجهيز سطح المعدن :

يصقل السطح المعدنى جيداً ثم يغسل بفرشاة خشنة فى محلول الصودا لإزالة آثارالدهون ثم يغسل بالماء الجارى ويجب عدم لمسه باليد حتى لا تترك بصمات دهنية على سطحه تمنع تماسك الطلاء بالسطح . ثم يخمر المعدن ويترك ليبرد ثم يعالج بالغمر فى محلول حامض الكبريتيك أو محلول حامض الكبريتيك والأزوتيك المخففين ثم يغسل بالماء ويجفف .

عملية الطلاء

يمكن أن تستعمل ألوان الطلاء منداة بالماء وتنقل إلى سطح المعدن بواسطة الرش حتى يتم ملء السطح المطلوب طلاؤه بسمك واحد متجانس ثم يدخل إلى الفرن لإتمام عملية الصهر وبعد الانصهار تسحب المشغولة للتبريد حتى مستوى حرارة الغرفة

- **الوقاية من التآكل :**

بتحضير السبائك المقاومة للأحماض

الأصل فى صناعة السبائك هو الحاجة للحصول على خواص معينة لاتتوافر فى المعادن النقية وحدها لمقاومة التآكل بفعل العوامل الجوية وغيرها وقد يتطلب الأمرأحياناً إستخدام جزء معدنى يتعرض لفعل الأحماض المتأكل ومن هنا كان لابد من إستنباط أنواع من السبائك المعدنية تتميز بخاصية مقاومة هذا الوسط الحمضى الذى قد يوجد فى بعض الغازات والأبخرة أو السوائل ومن هذه السبائك .

الصلب الغير قابل للصدأ :

مثل الصلب النيكلى الكرومى والصلب الكرومى والسبب فى مقاومة هذا الصلب للتآكل هو إحتوائه على نسبة كبيرة عنصر الكروم الذى يزيد من مقاومة الصلب لتأثير الأحماض .

<u>سبيكة البرونز:</u>

المحتوية على القصدير أو الرصاص أوكليهما مع معدن النحاس وتسمى أحياناً بالبرونزالقصديرى أوالبرونزالرصاصى حسب نسبة المواد المضافة إلى النحاس ومن أكثر سبائك البرونز المقاومة للأحماض السبيكة التى تحتوى على ٨٦ % نحاس –
٣٠ % قصدير – ٩ % رصاص – ٢ % زنك .

<u>سبيكة البرونز الألومنيوم:</u>

وتختلف نسبة الأومنيوم فيه من ١% - ١٠ % والنوع الذى يحتوى على
٩٠% نحاس - ١٠% ألومنيوم لونه ضارب للصفرة وصلب متماسك مرن ومقاوم للتآكل ويستخدم فى صنع هياكل اليخوت المائية والمسبوكات فى المصانع الكيماوية .

<u>سبائك النحاس والنيكل</u> :

وتتميز هذه السبائك أيضاً بمقاومتها للأحماض والتأكسد فيما عدا حمض الفوسفوريك فمقاومتها له محدودة . وتوجد سبائك أخرى عديدة للتآكل والأحماض كما توجد سبائك أخرى مقاومة للقلويات أيضاً .

أسئلة الباب السابع

١- ماهى أنواع الصدأ المؤدى للتآكل والتلف ؟

٢- تكلم عن : أضرار الصدأ- طبيعة الصدأ – صور الصدأ ؟

٣- تكلم عن حالات التفاعل التى تتم مع الفلزات والتى تؤدى إلى الصدأ ؟

٤- تكلم عن نظرية الصدأ بالتفاعل الكهرو كيميائى والأسس التى تقوم عليها ؟

٥- وضح كيفية تأين الفلزات فى المحاليل ؟

٦- وضح كيفية قياس الجهد القطبى للفلز (المعدن) ؟

وماهوأساس القياس فى ذلك ؟ مع التوضيح ببعض الأمثلة .

٧- وضح كيف يمكن أن يكون المعدن إيجابياً أو سلبياً بالنسبة لتأثير الإكتروليتات ؟

٨- ماهى أنواع خلايا التفاعل الكهرو كيميائى ؟ تكلم باختصار عن كل نوع .

٩- ماهى أنواع التآكل بالصدأ ؟

١٠- تكلم باختصار عن الأسس المتبعة لتحسين وسائل مقاومة الفلزات والسبائك للصدأ ؟

١١- أذكر الطرق التى تتبع لحماية المعادن من الصدأ ؟

١٢- ماهى الطرق المتبعة لتحضيرأسطح المشغولات قبل البدء فى إجراء عمليات الطلاء أوالتغطية بأنواعها ؟

١٣- أذكر أساليب الطلاء بالمعادن ؟

١٤- تكلم عن نظرية طلاء المعادن بالكهرباء . مع شرح مختصر لكل من:

عملية الطلاء - أحواض الطلاء ؟

١٥- إشرح طريقة التغطية بالغمر فى معدن مصهور . مع ذكر أمثلة لذلك ؟

١٦- ماهى أنواع مسدسات الرش المعدنى ومما يتكون مسدس الرش ذو سلك ؟

١٧- تكلم باختصارعن أساليب الطلاء الغير معدنى ؟

١٨- تكلم بالتفصيل عن أساليب الأكسدة فى الطلاء الغير معدنى ؟

١٩- تكلم باختصارعن أهمية البريمر كطلاء لأسطح المعادن المختلفة ؟

٢٠- تكلم عن :ـــ

أ- البويات زيتية القاعدة .

ب- البويات ذات القاعدة السليولوزية .

مع عقد مقارنة بينهما ؟

٢١- إشرح بالتفصيل للفسفتة كأسلوب من أساليب الطلاء الغير معدنى ؟

٢٢- إشرح طريقة الطلاء بالبويات الحرارية ؟

٢٣- تكلم فى كلاً من :ـــ

أ- الدهان القيرى .

ب- الورنيش .

ج- اللاكيه .

٢٤- تكلم باختصار عن طريقة الطلاء بالميناء ؟

٢٥- إشرح طريقة الوقاية من التآكل بتحضير السبائك المقاومة للأحماض ؟

أسماء المراجع

م	المرجـــــــــــع	المؤلـــــــــــف
١	الاسس التكنولوجية (الجزء الأول)	مهندس / سعيد عبد الغفار
٢	الميتالورجية الفزيائية (الفلزات)	د/ أحمد سالم الصباغ – أستاذ / هندسة الإنتاج والفلزات – هندسة عين شمس
٣	هندسة التشغيل والإنتاج	د/ حسين حسن فهمى
٤	الميتالورجية الفزيائية	أ٠د/ محمد حامد البرجى هندسة قناة السويس
٥	أساسيات التصميم فى فن الحديد	أ٠د/ محمد محمود يوسف أ٠د/ محمد وجيه عاشور
٦	مذكرات فى التكنولوجيا	الأستاذ / عبد الله حسن سليمان موجه عام / حديد واثاث معدنى
٧	ادارة الورش (معدات وعمليات) الجزء الاول	المهندس / حسين محمد بريكة وأخرين
٨	تشكيل الألواح المعدنية (سلسلة المعارف التكنولوجية)	مهندس / محمد كمال الطيب
٩	طلاء المعادن	كيميائى / عبد العزيز حسن كامل
١٠	تشكيل وتشطيب الهياكل المعدنية	ترجمة : مهندس / سيد احمد خليل
١١	دليل مهندس المبانى	المهندس الاستشارى/ حسين محمد جمعه
١٢	تك الانتاج	ت/أ مالشيف نيكولاييف
١٣	الجداول الفنية	ترجمة : المهندس / محمد عبد المجيد نصار
١٤	صنع النماذج والسباكة	ترجمة / د ٠ محمد زكى منير
١٥	الخامات والمعادن سلسلة المعارف التكنولوجية	مهندس / مصطفى عباس عبد القادر
١٦	تأكل المعادن	المهندس / عادل شلش